الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

جامعة تشرين– كلية العلوم

قسم علم الحيوان



تطبيق التقانات الحيوية في معالجة بعض المواد الفعالة سطحياً في المنظفات في مياه الصرف لمدينة اللاذقية من أجل تنمية مستدامة

رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في البيئة المائية

إعداد

لمـى سليمان جـرعا

(ماجستير في البيئة المائية)

إشراف

الدكتور	الدكتورة
مفيد ياسين	**ابتسام معروف**

<u>لجنة الحكم:</u>

د.محمد ياسين قصاب: أستاذ في قسم علم الحياة الحيوانية – كلية العلوم– جامعة تشرين. عضواً

د. محمد مجـاهـد بطل: أستاذ في قسم علم الحياة الحيوانية – كلية العلوم– جامعة تشرين. عضواً

د. محمد نـاصر: أستاذ في قسم الكيمياء– كلية العلوم– جامعة تشرين. عضواً

د. عدنان علي نظام: أستاذ في قسم علم الحياة النباتية– كلية العلوم– جامعة دمشق. عضواً

د. مفيد ياسين: أستاذ مساعد في قسم الكيمياء التحليلية والغذائية– كلية الصيدلة– جامعة تشرين. عضواً ومشرفاً

المحتويات

الموضوع	الصفحة
ملخص	1
مقدمة	3
أهمية البحث	5
أهداف البحث	5
الفصل الأول: الدراسة المرجعية	6
أولاً. المعالجة بالتقانات الحيوية للمواد الفعّالة سطحياً المتواجدة في مياه الصرف	7
1.1- المواد الفعّالة سطحياً	7
1.1.1- مدخل	7
2.1.1- أنواع المنظفات...	8
3.1.1- التركيب الكيميائي للمنظفات...	10
1.3.1.1- المواد الفعّالة سطحياً	10
1.1.3.1.1- آلية عمل المواد الفعّالة سطحياً	12
2.1.3.1.1.1- المواد الفعّالة سطحياً الشرجبية (الكاتيونية)	13
3.1.3.1.1- المواد الفعّالة سطحياً الشرسبية (الأنيونية)	13
4.1.3.1.1- المواد الفعّالة سطحياً اللاشاردية (غير الأيونية)	14
5.1.3.1.1- المواد الفعّالة سطحياً المتذبذبة	14
2.3.1.1- المواد المالئة	14
3.3.1.1- المواد المبيّضة	16
4.3.1.1- الإنزيمات	16
5.3.1.1- المواد المضادة للرغوة	17
6.3.1.1- العطور..	18
7.3.1.1- الأصبغة	18
8.3.1.1- المذيبات	18
9.3.1.1- عوامل منع إعادة الترسيب	18
10.3.1.1- عوامل مضادة للجراثيم...	18
4.1.1- التأثيرات البيئية للمنظفات	19

1.4.1.1- تأثير المواد الفعّالة سطحياً في التربة 20
2.4.1.1- تأثير المواد الفعّالة سطحياً في المياه خواصها الفيزيوكيميائية 20
3.4.1.1- تأثير المواد الفعّالة سطحياً في الأحياء 22
5.1.1- طرائق معالجة المنظفات 25
1.5.1.1- الطرائق الآلية والكيميائية 25
2.5.1.1- الطرائق الحيوية 26
6.1.1- تفكيك المواد الفعّالة سطحياً 28
1.6.1.1- التفكيك الضوئي للمواد الفعّالة سطحياً 28
2.6.1.1- التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً 29
3.6.1.1- المواد الفعّالة سطحياً المتجزئة (المتقسمة، المتشققة) 33
ثانياً. مياه الصرف 34
1.2.1- تصنيف مياه الصرف 34
2.2.1- طرائق معالجة مياه الصرف 35
ثالثاً. استعمال التقانات الحيوية في معالجة المواد الفعّالة سطحياً في المنظفات 36
1.3.1- مفهوم التقانات الحيوية ودورها 36
2.3.1- الإصلاح الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً 36
1.2.3.1- استعمال النظم الحيوية في تفكيك المواد الفعّالة سطحياً 37
1.1.2.3.1- الفطريات 37
2.1.2.3.1- الطحالب 38
3.1.2.3.1- الجراثيم 38
4.1.2.3.1- استعمال المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً 40
3.3.1- استعمال التقانة الحيوية في معالجة المواد الفعّالة سطحياً 45
1.3.3.1- استعمال الأحياء المعدّلة وراثياً 45
2.3.3.1- استعمال الإنزيمات 46
3.3.3.1- العوامل الوراثية المتحكمة في الاصلاح الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً 49
4.3.1- الأهمية الاقتصادية لمعالجة مياه الصرف من أجل تنمية مستدامة 58
الفصل الثاني: مواد البحث وطرائقه 64
1.2- مواقع الاعتيان في مدينة اللاذقية 65
1.1.2- مصب الصرف في منطقة أفاميا 65
2.1.2- مصب الصرف في منطقة الرمل الجنوبي 65

2.2- المواد والكواشف 65
1.2.2- المواد الكيميائية.. 65
2.2.2- المواد الفعّالة سطحياً 66
3.2.2- المنظفات 66
4.2.2- أوساط الزرع 67
1.4.2.2- الأوساط الطبيعية 67
2.4.2.2- أوساط العزل والتنقية 67
3.4.2.2- الأوساط المغذية 71
4.4.2.2- الأوساط الخاصة بالدراسة 71
3.2- الأجهزة 72
4.2- الطرائق 72
الفصل الثالث: النتائج والمناقشة 84
1.3- الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية لمياه الصرف 85
1.1.3- درجة الحرارة 85
2.1.3- درجات الحموضة 85
3.1.3- كمية الأكسجين المنحل 86
4.1.3- العيار القلوي والعيار القلوي الكامل 86
5.1.3- الإستهلاك الحيوي للأكسجين 87
6.1.3- الإستهلاك الكيميائي للأكسجين 88
7.1.3- القساوة الكلية 88
8.1.3- القساوة الكلسية 88
9.1.3 – شوارد الكلسيوم 89
10.1.3- القساوة المغنيزية 89
11.1.3 – شوارد المغنيزيوم 90
12.1.3- تركيز شوارد النترات 90
13.1.3- تركيز شوارد النتريت 91
14.1.3- تركيز شوارد الكبريتات 92
15.1.3- تركيز شاردة الأمونيوم 92
16.1.3- تركيز المواد الفعّالة سطحياً 93
2.3- نتائج التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً في أوساط زرعية صنعية سائلة 96

1.2.3- نتائج التفكيك الحيوي لمركبات LASs بتأثير تغير المصدر النتروجيني 96

2.2.3- نتائج التفكيك الحيوي LASs في وسط صنعي يحتوي قيم الحدود الدنيا والعظمى لمؤشرات مياه الصرف الصحي باللاذقية 97

3.2.3- التفكيك الحيوي لسلفات دوديسيل الصوديوم في وسط صنعي سائل ومفكك من قبل مزارع الجرثومية المعزولة في ظروف مختلفة 103

1.3.2.3- التفكيك الحيوي لتراكيز مختلفة من SDSs في وسط الزرع الصنعي ... 103

2.3.2.3- التفكيك الحيوي SDSs في درجات الحرارة المختلفة 108

3.3.2.3- التفكيك الحيوي SDSs في وسط يحتويها بصفته مصدراً وحيداً للكربون والكبريت بتأثير pH المختلفة 110

3.3- الدراسة الاحصائية للعلاقة بين التراكيز ونسبة تفكيك SDSs بتأثير الجراثيم المستعملة. 114

4.3- التفكيك الحيوي لمركبات LASs في وسط يحتويها بصفته مصدراً وحيداً للكربون والكبريت خلال أشهر مختلفة 118

5.3- التفكيك الحيوي SDSs في وسط صنعي سائل بتأثير الجراثيم المنتقاة مجتمعة 122

6.3- التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً في بعض أنواع المنظفات في وسط صنعي سائل بتأثير الجراثيم المنتقاة 124

7.3- التفكيك الحيوي لمركبات C12-LASs في وسط صنعي سائل 127

8.3- التفكيك الحيوي C12-LASs بتأثير الجراثيم المنتقاة في وسط طبيعي من مياه الصرف.. 130

1.8.3- وسط طبيعي من مياه الصرف الصحي المعقم بالحرارة 130

2.8.3- التفكيك الحيوي لمركبات C12-LASs في وسط طبيعي غير معقّم من مياه الصرف 138

1.2.8.3- وسط طبيعي غير معقم من موقع أفاميا 138

2.2.8.3- وسط طبيعي (غير معقم) من موقع الرمل الجنوبي 150

9.3- الدراسة الوراثية الجزيئية لإحدى الجراثيم المنتقاة والمفككة للمواد الفعّالة سطحياً 161

10.3- مقارنة بين نتائج الدراسة مع نتائج محطة معالجة السلمية 163

11.3- استبانة خاصة بالمنظفات المستعملة في اللاذقية 166

12.3- الدراسة الإحصائية 169

الاستنتاجات 174

المقترحات 176

الملحق 177

ملخص ABSTRACT

يعدّ التلوث المائي من المشاكل المهمة على مستوى العالم، ويستمر العمل لإيجاد الطرائق المناسبة لمعالجته، وخاصةً تلوث المصادر المائية بمياه الصرف (صحي، زراعي، صناعي)، إذ استعملت طرائق المعالجة التقليدية التي تتضمن المعالجة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، وتعتمد الطرائق الحديثة على استعمال التقانات الحيوية، ومن هنا تأتي **أهمية** هذا البحث في " **تخفيض التلوث الناتج عن مياه الصرف بطرق بيوتكنولوجية، وإعادة استخدام المياه الناتجة، والمحافظة على التنوع الحيوي في البيئة السورية ضمن إطار التنمية المستدامة**".

وقد تم التوصل **للاستنتاجات** الآتية:

١- إن مياه الصرف الصحي لمدينة اللاذقية ذات محتوى مرتفع من المواد العضوية المختلفة وخاصة المنظفات بشكل عام والمواد الفعّالة سطحياً، بشكل خاص.

٢- عزلت 8 مزارع جرثومية تنتمي إلى 5 أنواع منتمية لـــ 4 أجناس من مياه الصرف الصحي، من موقعي الدراسة (أفاميا، والرمل الجنوبي) وهي *Salmonella enteritidis* و *Salmonella typhimurium* و *Staphylococcus epidermidis1* و *Staphylococcus epidermidis2* و *E.coli1* و *E.coli 2* و *Pseudomonas sp* و *Pseudomonas aeruginosa*.

٣- أفضل نتائج تفكيك المواد الفعّالة سطحياً كانت بوجود النترات بصفتها مصدراً آزوتياً، وأفضل الجراثيم المفككة كانت *Pseudomonas.sp* وبنسبة وصلت إلى 85.5%.

٤- فككت الجراثيم المعزولة سلفونات الألكيل بنزن الخطية LASs في حالتي (القيم الدنيا والعظمى) للمؤشرات الخاصة بمياه الصرف باللاذقية، ولكن بنسبة أعلى في حال الحدود الدنيا، وأفضل نسبة تفكيك 89% بوجود *Pseudomonas sp* (القيم الدنيا)، و78% بوجود *Ps. aeruginosa* (القيم العظمى).

٥- أفضل نتائج تفكيك تراكيز مختلفة من سلفات دوديسيل الصوديوم SDSs كانت بوجود تراكيز منخفضة منها (100 – 200 – 300 – 400)، إذ تجاوزت نسبة التفكيك 75% بشكل عام.

٦- أفضل نتائج تفكيك تراكيز مختلفة من SDSs بتأثير درجة الحرارة °C(15-25-35) كانت عند الدرجة 35°C.

٧- أفضل نتائج تفكيك تراكيز مختلفة من SDSs مع تغيّر درجة الحموضة كانت عند الدرجتين 5 و 6، وكانت *E.coli 1* الأفضل تفكيكاً بنسبة 71 % عند pH=6.

٨- أفضل نتائج تغيّرات LASs في وسط يحويها بصفتها مصدراً وحيداً للكربون والكبريت خلال أشهر مختلفة كانت في شهر حزيران.

٩- فككت الجراثيم المعزولة والمنتقاة مجتمعة SDSs في وسط صنعي سائل بنسبة عالية في تركيز 500 ملغ/ل بشكل أفضل من تركيز 1000 مغ/ل.

١٠- أفضل نسبة تفكيك للمواد الفعّالة سطحياً التي تدخل في تركيب المنظفات (المستعملة محلياً) كانت في حال مسحوق الغسيل من برسيل ووصلت لـــ 90% خلال أسبوع.

١١- استطاعت جميع الجراثيم المستعملة تفكيك LASs في وسط صنعي سائل بشكل منفرد ومجتمعة.

١٢- استطاعت الجراثيم المعزولة تفكيك مركبات C12-LASs الموجودة في وسط طبيعي معقّم بالحرارة، وأفضل نتائج التفكيك كانت بالدرجة 35°C، عند *Sal. tuphimurium* بنسبة 92%.

١٣- استطاعت الجراثيم المعزولة تفكيك مركبات C12-LASs الموجودة في وسط طبيعي غير معقّم بالحرارة (أفاميا)، وأفضل النتائج كانت بالدرجة 25°C، عند *Sal. enteritidis*، و *Pseudomonas sp*، بنسبة 91%. بينما كان أفضلها تفكيكاً في الرمل الجنوبي *Sta. epidermidis2* بنسبة 89%، وذلك في درجة الحرارة 35°C.

١٤- زادت نسبة تفكيك المواد الفعّالة سطحياً، بوساطة الجراثيم المعزولة من مياه الصرف الصحي بالمقارنة مع نتائج محطة معالجة السلمية.

١٥- تبين نتائج الاستبيان وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً في محافظة اللاذقية، وبين متوسط كمية المنظفات التي تبقى في المياه الناتجة عن محطة المعالجة في السلمية، وهذا يدل على أهمية معالجة مياه الصرف.

١٦- تبين هذه الدراسة الأهمية الاقتصادية لمعالجة مياه الصرف الصحي بتقليل التأثيرات البيئية السلبية الناجمة عن تلويث تلك المياه للمصادر البيئية المختلفة وخاصة المائية منها، إضافة لأنها تعدّ أقل كلفة مقارنة بالمصادر الأخرى لتوفير المياه.

مقدمة Introduction

تعدّ المياه من أهم العناصر الأساسية التي ترتكز عليها حياة الإنسان، وفي مختلف النشاطات التي يقوم بها من زراعية أوصناعية أو غيرها، وتقدر كمية المياه الموجودة على الأرض بنحو 10973 مليار كيلو متر مكعب، تشكل المياه المالحة منها 97%، أما المياه العذبة فتشكل 3%، وهذه النسبة متغيّرة نتيجة تزايد نسبة الأملاح في الكثير من البحيرات والأحواض المائية العذبة بسبب وصول مياه الصرف والملوثات والنشاطات المختلفة إليها. وتؤكد الدراسات أن الموارد المائية قابلة للاستنزاف، مع ذلك لم تأخذ المياه دوراً كافياً في عمليات التنمية، إذ أدى التزايد السكاني الكبير، وغير المنظم، إلى زيادة الطلب على المياه، مما سبب نشوء أزمات مائية حادة، ستؤدي إلى لجوء الإنسان إلى استعمال مياه البحر في المستقبل، بشكل كبير جداً، مقارنة بالوقت الحاضر ((ESCWA, 2005(a)).

يقدر المخزون المائي من المياه المتجددة (الجوفية والسطحية) في العالم بمقدار 1368 مليون كم^3، ويبلغ المعدل العالمي لنصيب الفرد من المياه المتجددة 7243 م^3 للفرد/السنة، ويشكل نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة في أفريقيا 4980 م^3 للفرد/السنة، وفي أوروبة الوسطى والغربية 4270 م^3/ للفرد/السنة، ويصل نصيب الفرد في أمريكا الجنوبية إلى 35808 م^3 للفرد/السنة، أما في أمريكا الشمالية فهو 16368 م^3 للفرد/السنة، بينما يبلغ معدل نصيب الفرد في البلدان العربية 1745 م^3 للفرد/السنة فقط وهذه القيمة تختلف من بلد لآخر، إذ يبلغ نصيب الفرد في بعض الدول العربية 876 م^3 للفرد/السنة، وهو أقل من حد الفقر المائي 1000 م^3 للفرد/السنة، ويوجد في بعض البلدان العربية الأخرى عجز مائي كبير ومتزايد مع الزمن، خاصةً أن الموارد المائية المتاحة تبلغ 274 مليون كم^3 فقط من الموارد المائية التقليدية المتجددة، ومن المتوقع أن تأخذ الموارد غير التقليدية دوراً مهماً، وتشمل هذه الموارد المياه المحلاة ومياه الصرف المختلفة (ESCWA, 2005(b)).

إن مصادر تلوث المياه مختلفة بأنواعه: التلوث الفيزيائي، والكيميائي، والحيوي (Smith, 1996; Siemering, 2004; Pfafflin & Ziegler, 2006)، وتشمل الملوثات:

- المخلفات الصناعية Industrial wastes.
- مياه الصرف Waste water.
- النفط Petroleum.
- البلاستيك Plastic.
- العناصر الثقيلة السامة Heavy elements.
- المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية Pesticides and Fertilizers.

- الملوثات الحرارية Thermal pollutants.

إن التلوث المائي من المشكلات المهمة على مستوى العالم، وتتضافر الجهود والمساعي لإيجاد العديد من الطرائق التي تسمح بمعالجة المياه ولاسيما المصادر المائية الملوثة بمياه الصرف، وقد استعملت طرائق المعالجة التقليدية، وتتضمن المعالجة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، ومن ضمنها الطرائق الحديثة التي ترتكز على استعمال التقانات الحيوية في معالجة مياه الصرف وأهمها استعمال النظم الحيوية Bio systems التي تعمل على تقليل تركيز الملوثات الموجودة في هذه المياه ذات الفوائد الاقتصادية والبيئية المهمة (Alexander, 1981; Tunay. 2004).

تتعرض المركبات الكيميائية العضوية التي توجد في الطبيعة إلى التفكيك الحيوي، الذي يعدّ مهماً وضرورياً، وتقوم أنواع جرثومية بتفكيك ملوثات محددة تحتاجها من أجل استقلابها، وتُعزل تلك الأنواع، بشكل مباشر، بتنميتها ضمن أوساط تحتوي مركبات محددة تقوم بتفكيكها ومعالجتها، ويعتمد تفكيك الملوثات العضوية بشكل كبير على النشاط الجرثومي (Leahy & Colwell, 1990; Deming and Baross, 1993).

تعدّ المنظفات من الملوثات المهمة الموجودة في مياه الصرف الصحي من الناحية الكمية والتأثير، التي تدخل في تركيبها المواد الفعّالة سطحياً، وتشكل مكوناً مهماً في تركيب المنظف، وتستعمل هذه المواد بشكل واسع في المواد المنظفة ولاسيما المنزلية، إذ بلغ استهلاكها في أوروبة وأمريكا الشمالية واليابان 950000 طن في العام 1994، وبلغ 2.5×10^6 كغ شهرياً في العام 1996، ووصل حجم الإنتاج السنوي العالمي إلى 12 مليون طناً في العام 2003، وتجاوز 12.5 مليون طناً في العام 2006، وقد تجاوز في أوروبة الغربية وحدها 3 ملايين طن في العام 2007. وتعدّ مركبات الألكيل بنزن الخطية Linear Alkyl Benzen (LABs) وسلفونات الألكيل بنزن الخطية Linear Alkyl Benzen Sulphonats (LASs) أهم هذه المواد، وهي قابلة للتفكيك الحيوي بفعل مجموعة من الأحياء الدقيقة الموجودة في هذه المياه (Schuler, 2003; CESIO, 2008; Merrettig-Bruns & Jelen, 2009).

تمتلك المواد الفعّالة سطحياً، والقابلة للتفكيك الحيوي، تأثيرات كبيرةً جداً عندما توجد في الأوساط المائية، فهي تسبب الرغوة عند معالجة مياه الصرف المنزلي مما يسبب مشكلات كبيرة بسبب عدم انحلال الأكسجين والمغذيات في المياه فتنشط الأحياء اللاهوائية، كما أن بعض المواد الفعّالة سطحياً يكون ضعيف التفكيك الحيوي وبعضها الآخر جيد التفكيك (Merrettig-Bruns & Jelen, 2009).

تؤثر مركبات الألكيل بنزن الخطية وسلفوناتها في الأوساط المائية، وتسبب تغيّراً في الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه، وتغيّر من نسبة مكوناته، وتؤثر بدورها في مجموعة كبيرة من الأحياء النباتية والحيوانية (OECD SIDS, 2002).

يؤثر التفكيك الحيوي بشكل جيد في عملية تحويل كميات كبيرة من المواد الفعّالة في الطبيعة إلى مركبات غير ملوثة، وقد استعملت هذه الخاصية في العديد من محطات المعالجة اعتماداً على خلايا أو إنزيمات مثبتة موجودة ضمن المفاعلات الحيوية Bio reactors (Jerabkova. *et al*, 1997, 1999).

تتفكك المواد الفعّالة سطحياً بعدة طرائق منها الفيزيائية والكيميائية والحيوية، وتبين أن أعلى تركيز من مركبات الألكيل بنزن الخطية في البيئة، موجود في المياه التي تصل إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وتبين أن محطات المعالجة هذه يمكن أن تخفض مركبات الألكيل بنزن بنسبة 69−98% (Matthew & Malcolm, 2000).

يمكن حل مشكلة التلوث البيئي المائي، ولاسيما التلوث بمياه الصرف، عن طريق معالجتها قبل وصولها إلى الأحواض المائية بطريقة تعتمد على مجموعة من الخطوات لمعالجة هذه المياه وإعادة استعمالها في ري الأراضي، بالتوازي مع تزايد الحاجة إلى توفير مصادر مائية لتعويض النقص المتزايد خاصةً في مياه الشرب، ويجب اتباع إدارة متكاملة للموارد المائية بتطبيق الأسس والتقنيات المناسبة لتحقيق الاستثمار الأفضل للموارد المائية المتوافرة، وترشيد استعمالها بما يكفل المحافظة عليها وحمايتها من التلوث والاستنزاف وتأمين المياه اللازمة لمختلف النشاطات (ESCWA, 2005(b)).

أهمية البحث:

نظراً إلى أهمية المياه يجب حماية الموارد المائية من التلوث، والعمل على إنشاء محطات المعالجة المختلفة، مع استعمال طرائق حديثة في الري تعمل على ترشيد استهلاك المياه، ومن هنا تأتي **أهمية** هذا البحث في التركيز على:

" تخفيض التلوث الناتج عن مياه الصرف بطرائق بيوتكنولوجية، وإعادة استعمال المياه الناتجة، والمحافظة على التنوع الحيوي في البيئة السورية ضمن إطار التنمية المستدامة".

يعدّ هذا البحث الأول على مستوى سورية من ناحية تطبيق التقانات الحيوية في معالجة التلوث الناتج عن المواد الفعّالة سطحياً التي تدخل في تركيب المنظفات، والتي تعدّ من أهم الملوثات المتواجدة في مياه الصرف التي تصل للأحواض المائية المختلفة، باستعمال جراثيم معزولة عن مياه الصرف الصحي، وباستعمال تقانات حيوية متنوعة.

أهداف البحث:

تجدر الإشارة إلى أن الموضوع يخدم قضايا التنمية بما يتفق مع أهداف وإستراتيجيات الخطة الخمسية العاشرة والحادية عشرة، التي تتفق مع أهداف الألفية الجديدة، بهدف:

١− تحديد طبيعة التلوث ودرجته، في بعض القنوات الرئيسة لمياه الصرف الصحي (الرمل الجنوبي وأفاميا) في مدينة اللاذقية وخاصة التلوث الناجم عن المنظفات.

٢− عزل وتنقية بعض السلالات الجرثومية المفككة للمنظفات، التي توجد بشكل طبيعي في مياه الصرف الصحي.

٣− تطبيق التقانات الحيوية في معالجة بعض المخلفات الموجودة في مياه الصرف.

٤− مقارنة وراثية جزيئية بين السلالات الجرثومية المستعملة.

٥- المقارنة بين نتائج المعالجة الحيوية، التي تحدث في إحدى محطات المعالجة في سورية، وبين نتائج تطبيق التقانات الحيوية في المختبر.

٦- دراسة أهمية تطبيق التقانة الحيوية في استدامة مياه الصرف بصفتها مصدراً مائياً مستقبلياً.

الفصل الأول

الدراسة المرجعية

المعالجة بالتقانات الحيوية للمواد الفعّالة سطحياً المتواجدة في مياه الصرف

١.1- المواد الفعّالة سطحياً Surfactants

تشكل المواد الفعّالة سطحياً Surfactants (Surface Active Agent) المكونات الأساسية التي تدخل في تركيب المنظفات Detergents، التي تؤدي دوراً مهماً جداً في حياة الإنسان لأنها مواد منظفة ومعقّمة ومطهرة ومعطرة، وتتركب من مجموعة من المواد الكيميائية التي تمتلك خواصاً فيزيائية وكيميائية مميزة تعمل، جميعها معاً، للقيام بعملية التنظيف.

1.1.1- مدخل :

تعود معرفة الإنسان بالمنظفات إلى السومريين القدماء الذين كانوا أول من عرف الصابون منذ نحو 2500 قبل الميلاد، وقد استعملت لأغراض طبية حتى القرن الثاني إذ بدأ استعمالها بصفتها منظفاً بشكل واسع، وتطورت المنظفات كثيراً في القرن التاسع عشر عندما أجريت عملية السلفنة Sulphonation للزيوت المستعملة في تركيب الصابون، مثل: زيوت اللوز والزيتون والخروع وغيرها (Heller, 1984).

وقد حصل نقص كبير في كميات الصابون في أثناء الحرب العالمية الأولى مما حفز البحث عن بدائل له، وبعد سلسلة من التجارب المختلفة أمكن الوصول إلى سلفونات الألكيل البنزن Alkyl benzene sulphonates ABS التي ظهرت في ثلاثينيات القرن العشرين، وأصبحت المادة الفعّالة الأكثر استعمالاً، ولكن تبيّن أنه عند وصولها إلى مياه المجاري تشكل رغوة تؤثر في المعالجة في الأنهار، وبسبب المشكلات البيئية لأحد المركبات وهو Tetra propylene المقاوم للتفكيك الحيوي، فتح المجال لظهور مواد فعّالة سطحياً سالبة الشاردية (شرسبة) Anionic surfactants أكثر قابلية للتفكيك الحيوي، ولا تحتوي سلسلة ألكيل متفرعة وأدى هذا إلى اختفاء مشكلات الرغوة تقريباً، وهذه المواد ذات فائدة اقتصادية إضافة إلى ملائمتها للاعتبارات البيئية التي أصبحت ضرورية ومهمة جداً (Hager, 1999; Merrettig-Bruns & Jelen, 2009).

تتحدّد قدرة المنظف على القيام بعمله بشكل فعّال من تركيبه الكيميائي، وهناك الكثير من أنواع المنظفات مثل سوائل الجلي ومساحيق الغسيل والصابون والشامبو وغيرها، وازداد الإنتاج بشكل كبير لازدياد عدد السكان، وإلى زيادة الحاجة إلى استعمالها في الكثير من المجالات الصناعية، مما أدى إلى وجود كميات كبيرة منها في مياه الصرف التي تصل إلى المصادر المائية المختلفة وتلوثها وتغيّر نظامها الفيزيوكيميائي والحيوي (Cain,1994; Giger & Alde r, 2002)، ويوضح الجدول (1) النسب المئوية لمكونات سائل التنظيف.

تمتلك المواد الفعّالة سطحياً، بشكل عام والصابون خاصة، القدرة على الانحلال في الماء والدسم، وتشكل مركبات سلفونات الألكيل بنزن الخطية Linear Alkyl Benzen Sulphonats LASs (أكثر المواد الفعّالة سطحياً وجوداً في المنظفات) أكثر من 98% من مركبات الألكيل بنزن الخطية Linear Alkyl Benzen LABs، والشكل التجاري لمركبات LABs مكون من حلقة بنزينية ترتبط بها سلسلة ألكيلية ذات عدد مفرد من ذرات الكربون، مع زمرة سلفونية في الموقع بارا بالنسبة للسلسلة الألكيلية، تبلغ نقاوتها ٨٧- ٩٤% وصيغتها $C_6H_5(C_nH_{2n+1})$ و(n=10-16) وتبلغ انحلاليتها في الماء 0.041 ملغ/لتر في الدرجة 25°C (OECD SIDS, 2002).

الجدول 1: مكونات سائل التنظيف مع نسبها المئوية

مكونات سائل التنظيف	النسبة المئوية للمادة
مواد فعّالة شرسبية	18-7
مواد فعّالة لاشارية	30-15
صابون	22-10
مواد مالئة	8-0
مواد مساعدة على الانحلال	12-0
كحولات	12-8

يتطلب تصنيع أي منظف وجود عدد من المكونات، مثل: المواد الفعّالة سطحياً، والمواد المالئة، والمواد المبيضة، والمواد المحسنة وغيرها، ويجب أن يحتوي أي منظف جزءاً أليفاً للماء وجزءاً كارهاً للماء، وتؤدي العناصر الداخلة في تركيب المنظف معاً أو بشكل مستقل الدور الأهم في عملية التنظيف، إضافة إلى مساعدة عدد من العوامل الأخرى، مثل: الفعل الآلي والتأثير الحراري وخواص الماء وغيرها، كما تؤدي درجة الحموضة دوراً مهماً في عملية التنظيف، ويؤثر غياب أيٍّ من هذه العوامل بشكل متفاوت في عملية التنظيف، للمنظف وظيفتان هما: 1- إزالة عسر الماء. 2- عملية التنظيف (Zoller, 2004).

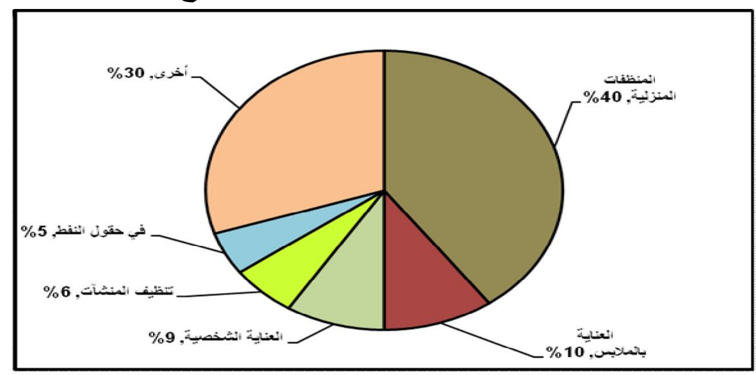
كانت الطريقة السابقة لتصنيع مركبات الألكيل بنزن الخطية تؤدي لتشكل مركبات صعبة التفكيك الحيوي، مما أدى إلى تلويث المصادر المائية بشكل كبير، ويتم حالياً استعمال مركبات سلفونات الألكيل بنزن الخطية القابلة للتفكيك الحيوي (OECD SIDS, 2002).

تتمثل مواصفات المنظف الجيد بدرجات حرارة أدنى لعمله، وتوفير في الطاقة، وتلف أقل للألبسة، مع أقل كمية مياه مستعملة، وبأدنى كمية من الرغوة، وبالتأكيد صداقته للبيئة، أي قابليته للتفكك الحيوي وتأثيره في صحة الإنسان (Mller. *et al*, 2001).

2.1.1- أنواع المنظفات Detergents kinds.

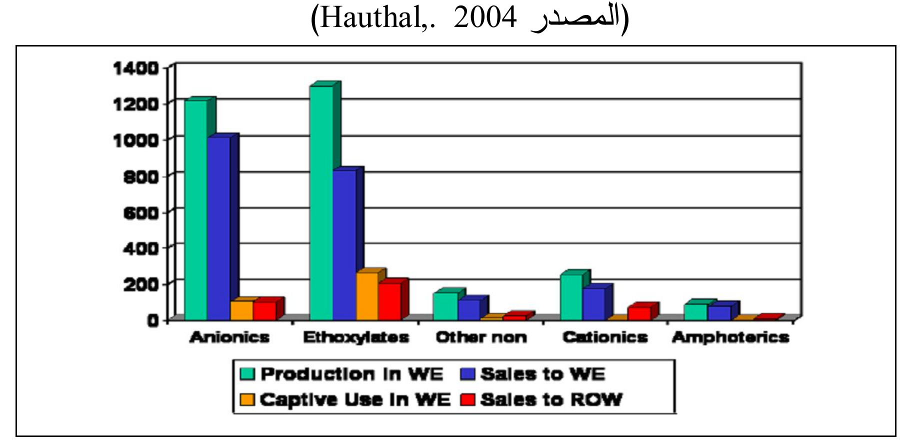
شهدت صناعة المنظفات، عالمياً ومحلياً، تطوراً مهماً وكبيراً بسبب الحاجة المستمرة لها بشكل عام، ونما سوق المنظفات السائلة بنسبة 60% في الولايات المتحدة الأمريكية و23% في أوروبة و17% في باقي دول

العالم، وتنتمي إليها المذيبات العضوية، والمواد الفعّالة سطحياً، والمواد المبيّضة والصباغية، والمذيبات التي تعمل على إزالة الأوساخ، وأهم المذيبات العضوية المستعملة في التنظيف هي الهيدروكربونات ومشتقاتها، وتطور حجم السوق العالمي للمواد الفعّالة سطحياً من 2.2 مليون طن في عام 1995 إلى 4 ملايين طن في عام 1999 حتى وصل في العام 2003 إلى 12 مليون طن بمردود مادي بلغ 13 بليون يورو، وكانت أمريكا الشمالية الأكثر استهلاكاً للمواد الفعّالة سطحياً بنسبة 35%، تلتها آسيا ودول المحيط الهادي بنسبة 29%، ثم أوروبة الغربية 23%، وباقي دول العالم بنسبة 13%، مع العلم أنها تُنتَج من النفط ولكن لا تكوّن سوى 0.1 % من الإنتاج العالمي للنفط (Holmberg. *et al*, 1992; Hauthal, 2004; Zoller, 2004; Chen and Wang, 2008; باسيل،2003)، ويوضح الجدول 3 والشكلان 1، 2 نسبة الاستعمال والإنتاج للمنظفات والمواد الفعّالة سطحياً.



الشكل 1. نسبة استعمال المنظفات في مختلف النشاطات الحياتية في عام 2003.

(المصدر Hauthal,. 2004)



الشكل 2. إنتاج المواد الفعّالة سطحياً في أوروبة الغربية وباقي دول العالم في العام 2007.

WE: أوروبة الغربية، ROW: باقي دول العالم

(المصدر Hager, 2008)

الجدول 2. كمية الإنتاج العالمي من المواد الفعّالة سطحياً في العام 2003.

المواد الفعّالة سطحياً	الإنتاج (مليون طن)
الصابون	9
الشاردية	4.5
غير الشاردية	1.7
المتذبذبة	0.1

2.4	أخرى
18.2	المجموع

(Hauthal, 2004 المصدر)

تعدّ أنواع سلفونات الألكيل بنزن حالياً أهم مكون في تركيب المنظف، وتستعمل في سوائل التنظيف ومساحيق الغسيل والمنظفات الصناعية، وتعدّ مادة سلفونات دوديسيل البنزن Dodecylbenzene Sulphonate الأكثر استعمالاً في تركيب أغلب المنظفات الصناعية، وتعود حاجة السوق للمنظفات لتطور في عادات المستهلكين لأنه يوجد ميل للتوفير في النفقات، وتخفيف الأثر البيئي السلبي (Zoller, 2004; Myers, 2005)، وأهم أسباب نجاح صناعة المنظفات هي:

١- ارتفاع ذوبانها.

٢- عدم تأثيرها بالنسيج والألوان.

٣- عدم ترك بقايا باستعمال المنظفات السائلة (باسيل،2003).

3.1.1- التركيب الكيميائي للمنظفات Chemical composition of detergents

1.3.1.1- المواد الفعّالة سطحياً Surfactants

تتمتع المواد الفعّالة سطحياً بأهمية كبيرة من الناحية العملية، إذ تدخل في الكثير من المجالات الاقتصادية، وتعود أهميتها لتشكيلها المحاليل بتخفيض التوتر السطحي، ولفعاليتها السطحية العالية، أي لقدرة جزيئاتها على تشكيل الطبقات الإمتزازية السطحية، وتعمل أيضاً على تحسين تبلل السطوح المختلفة بالماء، والحصول على مستحلبات ثابتة إضافة إلى تأثيرها المنظف، وتنتج من المصادر البتروكيماوية، وتتميز هذه بأنها غير مؤثرة في الغلاف الجوي فيما يخص ظاهرة الدفيئة وتتميز باستدامتها، وزيادتها في السوق العالمية بنسبة 3-4% وفي أوروبة بنسبة 2-3% (Mller. *et al*, 2001).

بيّنت الدراسات أهمية المواد الفعّالة سطحياً في تفكيك بعض الملوثات الموجودة في البيئة، إذ استعمل Sutterlin وزملاؤه (2008) مواد فعّالة سطحياً شاردية (أنيونية) Anionic Surfactants لتفكيك مركبات رباعي الأمونيوم Quaternary ammonium compounds (QACs) (مواد فعّالة سطحياً كاتيونية)، واستعملت المواد الفعّالة سطحياً في تفكيك ملوثات أخرى تجد طريقها إلى المياه الجوفية مثل تري كلورو اتيلين (TCE) Trichloroethylene وهو مذيب يحتوي عنصر الكلور الذي لوحظ في المياه الجوفية، ويمكن تفكيكه باستعمال مواد فعّالة سطحياً مثل: بولي أوكسي إيتيلين أوكتيل فينيل إيتر polyoxyethylene octyl phenyl ether (Triton X-100) و مشتقات السوربيتان Tween 80، ومادة سيمبل غرين Simple Green^{TM} (SG)، ويتبع ذلك استعمال مادة مؤكسدة هي برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ إضافة إلى نشاط الأحياء الموجودة في هذه المياه، واستعمل الباحث Tsai وزملاؤه (2008) المواد الفعّالة سطحياً لقدرتها على تفكيك TCE بمشاركة الأحياء، وبيّنت التجربة أن مادة SG كانت الأكثر قدرة على تفكيك TCE بوجود الأحياء، وبلغت نسبة تفكيك هذه المادة 87.6% مقارنة بتركيزها الأصلي (40 ملغ/ل) بعد إضافة 1غ/ل من مادة SG القابلة للتفكيك

الحيوي إلى المياه الجوفية لتأثيرها مع الأحياء الموجودة في تفكيك مادة TCE، ووصل التركيز النهائي إلى 4.96 ملغ/ل من مادة TCE في نهاية التجربة، بعد ذلك أجريت عملية أكسدة باستعمال برمنغنات البوتاسيوم فتحول 4.96 ملغ/ل إلى 0.69 ملغ/ل من مادة TCE و ازداد تركيز الكلور من الصفر إلى 0.88 ملغ/ل (Tsai. *et al*, 2009; Wang & Mulligan. 2004).

تبيّن أن بعض المواد الفعّالة سطحياً يستطيع تفكيك ملوثات ذات طبيعة فينولية، تدخل في تركيب المبيدات التي تصل إلى البيئة بسبب قدرتها على التأثير في الرابطة C-C فيها، من دون أن تنتج الفينول (Michizoe. *et al*, 2004; 2005).

وفي الدراسات الحديثة، استعملت المواد الفعّالة سطحياً في عملية استخلاص الحموض النووية Nucleic acids من الأنواع الجرثومية، وتبيّن عند استعمال مزيج من المواد الفعّالة سطحياً في المنظفات وبدرجة حموضة منخفضة تؤدي إلى ظهور التحلل الخلوي عند الميكوبكتريا *Mycobacteria* ، وتم تطوير ثلاثة طرائق لعزل الرنا RNA من العديد من الأنواع الجرثومية باستعمال المنظفات، والمواد الفعّالة سطحياً المستعملة هي سلفات دوديسيل الصوديوم Sodium Dodecyl Sulphate SDSs و Tween 20 و Triton X-100، واعتمدت الطرائق على استعمال كل مادة فعّالة سطحياً على حدة، وأجري اختبارها على عدة أجناس جرثومية منها *Pseudomonas* و *Burkholderia* و *Agrobacterium* و *Escherichia* و *Edwardsiella* وهي سالبة بصبغة غرام إضافة إلى جنس *Bacillus* الموجبة بصبغة غرام، واستعملت مادة فعّالة أخرى هي تريزول TRI_{ZOL} لعزل RNA من الأنواع السالبة بصبغة غرام وأعطت نتائج جيدة بوجود (0.5 - 1) مل من المادة في الوسط (Syn. *et al*, 1999).

تتميز المواد الفعّالة سطحياً بانحلاليتها الضعيفة في الماء، وقدرتها على تخفيض التوتر السطحي والتوتر بين الحدود الفاصلة بين الأطوار في المحاليل الممددة بوساطة امتزاز الجزيئات، وبقدرتها على تشكيل تجمعات غروية، عندما يصل تركيزها في المحلول إلى حد معين، وهذه التجمعات من نموذج الميسيلات Micelles، إذ تزداد انحلالية المادة الفعّالة، ويكون تركيز المادة الفعّالة سطحياً أكبر من التركيز الحدّي اللازم لتشكل الميسيلة. ولكي تكون المادة الفعّالة سطحياً قادرة على تشكيل الميسيلات، يجب أن تحتوي جذراً هيدروكربونياً طويلاً بشكلٍ كافٍ ومجموعة قطبية بهدف الانحلالية بالماء والمواد اللاقطبية، وهذه الخاصة لا تُلاحظ في جميع المواد الفعّالة سطحياً إذ تغيب في حالة الكحولات الأليفاتية ، فإذا احتوى المركب أقل من 7 ذرات كربون لا تتشكل الميسيلة بسبب قصر الجذر الهيدروكربوني وبسبب انحلالها في الماء بسهولة، وإذا كانت السلسلة ذات عدد كبير من ذرات الكربون لا تتشكل الميسيلة، ويعدّ تشكل الميسيلة ممكناً عندما يكون عدد ذرات الكربون أكبر من 7 ذرات (Davis. *et al*, 1992; Nelson, 2003).

تتصف المحاليل المائية للمواد الفعّالة سطحياً بقدرتها على امتزاز كميات كبيرة من الفحوم الهيدروجينية، والمواد قليلة الانحلال في الماء، عندما يصل تركيزها إلى حدود كبيرة، وتتشكل محاليل ثابتة وتدعى هذه

الظاهرة بالانحلال الغروي Solubilization، وتختلف قدرة تلك المواد على الحل الغروي بحسب طول الجذر الهيدروكربوني (Davis. *et al*, 1992).

هناك ميل للوصول إلى مواد تمتلك خواص الفعّالية السطحية العالية، وتوافق التشـريعات البيئيـة وتلـك المتعلقة بالسميّة، وتعدّ هذه المواد الجزء الأكثر أهمية في تركيب المنظف، وهي مواد كيميائية قابلة للانحلال في الماء، تمتلك القدرة على تخفيض التوتر السطحي للماء مما يزيد من القدرة على الانتشار بين السـطوح، وتعمل على الترطيب وتشكيل المستحلبات والتنظيف، وتستعمل هذه المواد في الكثير من منتجـات التنظيـف المختلفة، مثل: الشامبو ومساحيق الغسيل وسوائل التنظيف وغيرها ومعظم المواد الفعّالة سطحياً في الوقـت الحاضر هي من أحد النوعين: أ- المواد الفعّالة سطحياً الشاردية Anionic Surfactants، ب- المواد الفعّالـة سطحياً غير الشاردية Nonionic Surfactants والتي يعدّ تفكيكها الحيوي وتأثيراتها البيئية موضع بحـث منـذ عدة عقود (Cserhati. *et al*, 2002. YU. *et al*, 2008).

وتتميز المواد الفعّالة سطحياً بالعديد من الوظائف وتمتلك تأثيراً مثبطاً في الجراثيم، وإلى ذلك تستعمل بصفتها مطهرات ومضادات للعفونة كما في حال المواد الفعّالة سطحياً الشرجبية (Zoller, 2004).

1.1.3.1.1- آلية عمل المواد الفعّالة سطحياً:

تتضمن عملية التنظيف (Zoller, 2004):

1- الأوساخ: تختلف الأوساخ بحسب تركيبها الكيميائي وخواصها الفيزيائية.

2- السطح المراد تنظيفه: مثل بشرة الجسم، الأنسجة، الجلود، الصوف وغيرها. ويحدث في البداية نقع للسطح المتسخ لإزالة الأوساخ ثم يغمر جيداً بالماء، وتتشكل منافسة بين قوى السطوح المتلامسة (الأوساخ، السطح، الماء)، وتحدث عملية إزالة الأوساخ بحسب مقدار هذه القوى. فإذا كانت القوى الموجودة بين السطح والأوساخ أصغر من باقي القوى فإن عملية إزالة الأوساخ تحدث.

3- المنظف: يعمل المنظف على تعدّيل هذه القوى وتتم عملية التنظيف بشكل جيد.

تعتمد عملية التنظيف على عمل المواد الفعّالة سطحياً بمساعدة العوامل الآلية وفق الآتي:

I. تعتمد على خاصية التوتر السطحي، إلى ذلك فإن نقع الأنسجة بالماء ومسحوق أو سائل التنظيف أمر ضروري، وكلما كانت قوة النقع أعلى كانت إزالة الأوساخ أسهل، والنقع هو عملية تفاعل بين جسيمات الأوساخ والمنظف وهو خطوة أساسية في عملية إزالة الأوساخ.

II. عند امتزاز جزيئات المنظف على سطح الألياف أو على السطوح المختلفة الأخرى، فإنها تؤلف طبقة امتزازية مميهة بشكل جيد، مما يؤدي إلى نشوء ضغط يساعد على انفصال وفصل الجسيمات عن سطح الألياف وانتقالها إلى سائل الغسل.

III. يحمل باقي مكونات المنظف جزيئات الأوساخ بعيداً عن النسيج ويمنع عودتها للالتصاق بالنسيج مرة أخرى، إضافة إلى ذلك فإن منع الأوساخ من إعادة الترسيب، تعدّ خطوة مهمة إذا كان المنظف

المستعمل ذا خاصية استحلاب جيدة تعمل على زيادة فعالية المنظف، بإضافة كميات قليلة من المواد المانعة لإعادة الترسيب وتعمل الرغوة أيضاً على منع إعادة الترسيب.

IV. الغسيل بالماء الأمر الذي يؤدي إلى إزالة الأوساخ بشكل نهائي.

هناك طرائق حديثة للتنظيف باستعمال الأمواج فوق الصوتية التي تعمل على فرقعة الفقاعات الهوائية لضرب الأوساخ من النسيج من دون حركة آلية واستعمال أقل للطاقة والمنظف، لأن بنية المواد العضوية ذات الفعّالية السطحية هي بنية مذبذبة Amphipatic، وتتألف من جزء كاره للماء Hydrophobic ويتألف عادة من سلسلة هيدروكربونية طويلة فيها بين 8 – 18 ذرة كربون، ويمكن أن تكون أليفاتية أو حلقية أو مختلطة، وجزء آخر أليف للماء Hydrophilic يتألف من زمرة شرسبية أو شرجبية أو لاشاردية أو مذبذبة، ومن هنا أمكن تصنيف المواد الفعّالة سطحياً تبعاً لخصائص تركيبها(Davis. *et al*, 1992)، والتي تقسم بحسب زمرتها الوظيفية إلى:

2.1.3.1.1.1– المواد الفعّالة سطحياً الشرجبية (الكاتيونية) Cationic Surfactants.

تكتسب المواد العضوية الفعّالة سطحياً عندما يدخل في تركيبها زمرة أليفة للماء شحنة موجبة، في أثناء وجودها في الماء، مما يجعلها أليفة للماء، وفق المعادلة:

$$R\text{-}NH_3Cl \rightleftharpoons R\text{-}NH_3^+ + Cl^-$$

❖ يكون R جذر هيدروكربوني طويل.

تتميز بقدرتها على النقع، إضافة إلى تأثيرها الكابح لعمل الجراثيم مما عزز استعمالها بصفتها مطهرات Disinfectants، ويبلغ مجمل إنتاجها 4% من الإنتاج العالمي للمواد الفعّالة (Mori. *et al*, 2002)، وينتمي لهذه المجموعة مركب كلوريد بينزالكونيوم Benzalkonium chloride، وبروميد دي ميتيل دي أوكتاديسيل أمونيوم Di methyl di octadecyl ammonium bromide، كلوريد سيتيل بيريدينيوم Cetyl Pyridinium Chloride (Zoller, 2004).

3.1.3.1– المواد الفعّالة سطحياً الشرسبية (الأنيونية) Anionic Surfactants:

تعدّ هذه المواد الجزء الأهم في تركيب المنظف، ويبلغ إنتاجها بين 60 – 70% من مجمل إنتاج المواد الفعّالة سطحياً، وتحتوي هذه المواد زمرة تكسبها شحنة سالبة في الأوساط المائية، إذ تتشرد في الماء، وتشكل شوارد فعّالة مشحونة بشحنة سالبة (Scott & Jones, 2000; Ikehata & Gamal El-Din, 2004)، وفق المعادلة:

$$P\text{-}R\text{-}Ar\text{-}SO_3Na \rightleftharpoons P\text{-}R\text{-}Ar\text{-}SO_3^- + Na^+$$

❖ يكون R جذر هيدروكربوني طويل بين C_{22}-C_{10}.

لابد أن يتراوح عدد ذرات الكربون بين 10 - 22 ذرة كربون لأن أملاح الحموض الدسمة ذات الوزن الجزيئي المنخفض تنحل بصورة جيدة في الماء، وهي غير فعّالة سطحياً (Zoller, 2004).

وتعدّ أملاح سلفونات الألكيل بنزن الخطية Linear Alkyl Benzen sulphonats (LASs)، وسلفات الألكيل Alkylsulphates AS (سلفات دوديسيل الصوديوم Sodium Dodecyl Sulphate SDSs، سلفات لوريل الصوديوم Sodium lauryl sulphate SLS) أهمها (Zoller, 2004).

ليس LASs مركباً واحداً بل مزيج من 20 مركباً منها 18 مركباً فعالاً، وابتداءً من مركبات LASs التجارية، يمكن إنتاج مواد فعّالة سطحياً، ويبلغ متوسط استعمال الفرد منها 3 غ يومياً، ويتكون الشكل التجاري له من سلسلة ألكيل خطية تشمل 7 – 11 ذرة كربون، إضافة إلى حلقة بنزن ومجموعة سلفو SO_3 بالموقع بارا بالنسبة لسلسة الألكيل الخطية، أما بالنسبة لحلقة البنزن فهي تغيّر موقعها بحسب المماكب Isomer ما عدا الموقع Phenyl 1 ومجموعة السلفونات في الموقع بارا (Sigollot & Nguyen, 1992; Mampel. *et al*, 1998; Espinoza Rodezno, 2004).

4.1.3.1.1– المواد الفعّالة سطحياً اللاشاردية (غير الأيونية) Non ionic Surfactants.

تتميز باحتوائها زمرة عضوية قطبية ولكنها غير متشردة في المحاليل المائية المعتدلة، أي لا تشكل أي شوارد عند انحلالها في الماء، استعمالها في المنظفات قليل جداً لأنها سريعة التطاير، وهي تسبب تلوث الهواء، ومنتجات تفكيكها ذات تأثير سام للأحياء المائية، وتأثيرها سلبي في صحة الإنسان، وتشكل 25% من مجمل الإنتاج العالمي، ومن أمثلتها إيثوكسيلات الكحولات Alcohol Ethoxylates (AE)، وإيثوكسيلات ألكيل فينيل Alkyl Phenel Ethoxylates وغيرها (Barrachina. *et al*, 2002; Bettinetti & Provini, 2002).

5.1.3.1.1– المواد الفعّالة سطحياً المتذبذبة Amphoteric Surfactants.

تتميز بكونها تتأثر بدرجة حموضة الوسط الذي توجد فيه، وتؤدي الدور الشرسبي، عندما تكون pH > 8، والدور الشرجبي عندما تكون pH < 4، وإلى ذلك فهي أهم المواد الفعّالة سطحياً التي تدخل في تركيب مواد التجميل، وتعدّ من أهمها مركبات البيتاين Betaines ومشتقات الإيميدازولين Imidazoline derivatives ويضاف إليها الغليكوليبيدات Glycolipids والحموض الدسمة Fatty acids والحموض الصفراوية Bile acids والصابونين Saponins، ويتم إنتاج هذه المواد غالباً في أوروبة الغربية بكميات تبلغ 33 طناً سنوياً (Zoller, 2004; Mileva & Exerowa, 2008).

إن تطوير أنواع جديدة من المركبات الفعّالة سطحياً وتحسين خواصها لتكون صديقة للبيئة، وذات كلفة مقبولة ليس من السهل تحقيقه، ولكن يمكن العمل على ذلك ابتداءً من مواد متوافرة مع محاولة تطويرها، مثل: مشتقات أوكسيد الإثيلين لإسترات الغليسيرين وهي من مصدر نباتي وتنتمي إلى مجموعة المواد الفعّالة غير الشاردية (Mller. *et al*, 2001).

يوجد حالياً متطلب جديد يجب توافره في المنظف وهو عدم تأثيره التحسسي في بشرة الإنسان، إلى ذلك تضاف مادة فعّالة سطحية ثانوية إلى تركيب المنظف، تعمل على تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والسميّة للمادة الفعّالة الرئيسة، وعلى تحسين أدائه النهائي، مثل الليفينول LEVENOL وهو إستر الغليسيرول

متعدّد أوكسي إيثيلين ينتج عن تفاعل الغليسيرول وأكسيد الإثيلين والحمض الدسم (ثلاثي الغليسيريد)، ويوفر تفاعل هذه المكونات مجالاً واسعاً من المنتجات التي تتمتع بخواص تطبيقية من ناحية الرغوة واللزوجة والقدرة على الحل والاستحلاب والتلطيف والترطيب (Siscart, 2003).

2.3.1.1– المواد المالئة Builders:

وهي مواد تضاف إلى المنظف لرفع قدرته على التنظيف، وتعمل على تغيير قساوة الماء ودرجة الحموضة وتتصف بخواص فيزيائية وكيميائية تتمثل بحمل السوائل وعملية التنظيف، وتولِّد في محلول الغسيل طاقة شاردية كبيرة، تساعد على تحسين عمل المادة الفعّالة سطحياً، كما تتميز بقدرتها على إزالة الشوارد الموجبة الثنائية، ولاسيما شوارد الكلسيوم Ca^{+2} والمغنزيوم Mg^{+2} التي تؤثر في عمل المواد الفعّالة سطحياً، إلى ذلك، فهي ذات أهمية كبيرة في تركيب المنظف ولاسيما في مساحيق الغسيل لأنها تخفف عسرة المياه، وتقلل من تأثير تلك الشوارد، مما يزيد من تأثير المنظف ويجعله أكثر فعالية، وتكوّن المواد المالئة مع هذه الشوارد الموجودة في الماء معقدات قابلة للذوبان في الماء، وتشكل في ماء الغسيل قدرة استحلابية ولها أثر داعم للمواد الفعّالة سطحياً، وتمنع عودة توضع الأوساخ على سطح الغسيل، وتمتلك وزناً جزيئياً مناسباً، وتحفّز التفاعلات السطحية البينية مع المواد غير القابلة للذوبان مثل ذرات الكربون، ويجري تطوير المواد المالئة لتتناسب مع الشروط البيئية (Davis. *et al*, 1992; YU. *et al*, 2008).

تعمل المواد المالئة على تثبيت اللون الأبيض للأنسجة، وتمنع تحول اللون الأبيض إلى رمادي (Graying)، ومن أهمها مركبات الزيوليت Zeolites والسيليكات Silicates والكربونات وأملاح البوراكس، إذ تحافظ المواد المالئة على التأثير المنظم لدرجة الحموضة pH، لأن فعالية التنظيف تقع ضمن مجال ضيق من pH القلوي، وتعدّ مادة ثلاثي بولي فوسفات الصوديوم Sodium Tripolyphosphate من أهم المواد المالئة لمساهمتها في عملية التنظيف بضبط درجة حموضة الوسط، واتحادها مع شوارد الكلسيوم والمغنزيوم، واستبدلت بالزيوليت A في أوروبة لأسباب بيئية (Guerjen, 2003; De Lucas. *et al*. 2004; Zhang. *et al*, 2007)، ويبين الجدول 3 تطور استعمال المواد المالئة في أوروبة:

الجدول 3 بعض المواد المالئة التي تدخل في تركيب المنظف.

المواد المالئة	عام استعمالها في أوروبة
Na-Silicate + Soda ash	1907
Na-Diphosphate	1933
Na-Tripolyphosphate	1946
Zeolite A + Na-Tripolyphosphate	1976
Zeolite A + Soda ash + Cobuilder	1983
Zeolite A + special Silicate + Cobuilder	1994
Zeolite P	1994

(المصدر Guerjen, 2003)

يتفاوت تأثير المواد المالئة في البيئة، وتختلف في سميّتها وإمكان تأثيرها في صحة الإنسان والبيئة، فمن مركبات الفوسفات اللاعضوية Inorganic phosphates مركب ثلاثي بولي فوسفات الصوديوم الذي يعمل

بصفته مادة منعمة، وتعمل هذه المركبات عند وصولها إلى وسط الماء العذب على زيادة المغذيات (الفوسفات)، مما يؤدي إلى ظاهرة الاغتناء الغذائي (الازهرار) Bloom وهي زيادة مفرطة في الكتلة الحيوية للطحالب في المياه، وبالتالي لاستنفاد الأكسجين المنحل في الماء مما يؤدي إلى الموت الجماعي للأحياء في الماء، إلى ذلك يوصى باستعمال بدائل عن الفوسفات اللاعضوية مثل البدائل العضوية كالزيوليت Zeolites، الأقل ضرراً على الصحة، والفرق بينهما هو مبدأ العمل فعند الفوسفات تتكوّن المعقدات، أما عند الزيوليت فيحدث التبادل الشاردي (Bauer. *et al.* 1999; Guerjen, 2003).

إن أهم مادتين مالئتين هما ثلاثي بولي فوسفات الصوديوم والزيوليت التي تعدّ الأفضل من الناحية البيئية (Ferani, 2003)، كما يوضح الجدول 4.

الجدول 4. مقارنة بين تريبولي فوسفات الصوديوم و الزيوليت.

المعايير البيئية	تريبولي فوسفات الصوديوم	الزيوليت
عديمة السمية	للثدييات، الحيوانات المائية والنباتات.	للثدييات، الحيوانات المائية والنباتات.
نظم المياه	تساهم في ظاهرة الإزهرار مما يؤدي إلى موت الأحياء المائية وحدوث اختلال في التوازن البيئي للمياه.	لا تحدث تأثيرات سلبية في الأنهار والبحيرات والأحياء المائية والمياه الجوفية.
الصرف	يجب معالجة مياه الصرف كيميائياً وحيوياً.	بعد أن تؤدي عملها تصل إلى التربة والأحواض المائية.
أمور أخرى	لا توجد آثار سلبية في ارتباطها مع مكونات المنظف الأخرى.	لا توجد آثار سلبية في ارتباطها مع مكونات المنظف الأخرى.

3.3.1.1– المواد المبيّضة Bleaching:

تساعد هذه المركبات على احتفاظ الأنسجة البيضاء بنضارتها، وتضاف حالياً مواد تنشط توليد الأكسجين الوليد فيها، مثل: الأوزون O_3 والماء الأكسجيني H_2O_2 بدائل عن تحت الكلورات، إذ تقلل من تلف الأنسجة والألياف مما يسمح ببقائها فترة أطول، وأهمها فوق بورات الصوديوم Sodium Perborate $Na_2B_2O_4.2H_2O_2$ (Davis. *et al*, 1992).

إن المبيّضات مفضلة بيئياً لأن سميّتها منخفضة جداً على الإنسان والبيئة، أما تلك التي تحتوي أمينو تريازين Aminotriazine والسيتلبين Stilbene فإن لهما أثراً سلبياً على صحة الإنسان (Mller. *et al*, 2001).

تستعمل المبيّضات الضوئية في الوقت الحاضر، وتعتمد على الزمر القابلة للفلورة Fluorophores، وهي عبارة عن مواد عديمة اللون، قادرة على امتصاص الأشعة في المجال فوق البنفسجي القريب وتحويلها إلى أشعة مرئية ذات أمواج قصيرة (400–480) nm نانومتر، أي إلى تلك الأشعة التي تمتص من قبل الأجسام البيضاء والمصفرة. ويؤدي ذلك إلى تعويض الجزء الممتص من الأشعة المرئية وإكمال طيف الضوء المنعكس وإلى ذلك تبدو هذه الأجسام أكثر بياضاً مما هي عليه فعلاً، وتنتمي، أهمها، إلى فئة ثلاثي أزنيل

أمينو سيتلبين أو إلى الحلقات الكربونية Carbocycle، وتتعرض المبيضات لنوعين من التفكيك الكيميائي والضوئي، وتتحلل حيوياً بشكل سهل بغضّ النظر عن وجود محطات معالجة (Kasching, 2003).

4.3.1.1 – الإنزيمات Enzymes:

تتميز الإنزيمات بقدرة على تفكيك المركبات العضوية، إلى ذلك تضاف كميات محددة منها إلى المنظفات لزيادة فعاليتها، وأهمها:

- الليباز Lipases (Glycerol ester hydroLASses, E.C.3.1.1.3): من أهم الإنزيمات التي تدخل في مختلف الصناعات، إذ يحلل الزيوت والدهون (AL-Delamiy. 2002. Jensen. 2003). إن التفكيك الحيوي للّيبيدات محدود وتقوم بعض الأحياء الدقيقة بإنتاج عوامل حيوية تساعد اللبيدات على التفكك (Reetz, 2002).

يستعمل العديد من الأحياء الدقيقة الزيوت والشحوم الطبيعية بصفتها مصدراً للكربون من أجل نموها. وتنتج إنزيمات الليباز القادرة على تفكيك وحلمهة الغليسريدات الثلاثية إلى غليسيرول وحموض دسمة، وتضاف حالياً هذه الإنزيمات إلى تركيب المنظف فيحوّل الملوثات ذات الطبيعة الكارهة للماء إلى منتجات أقرب للأليفة للماء، أي أكثر إنحلالية في الماء مما يسهل إزالتها عند الغسيل، ويعمل الإستراز Esterase والليباز Lipase على فك الرابطة الكيميائية Chemical bond نفسها، أما الاختلاف بينهما فيعود لتفكيك الإستراز إسترات الحموض العضوية الحلولة بالماء، أما الليباز فيفكك إسترات الحموض العضوية غير الحلولة بالماء وإنما في المستحلبات، ويكون عمله وفق المخطط الآتي (Van Dyke. *et al*, 1991):

$$TG \longrightarrow FFA + DG \longrightarrow MG + FFA \longrightarrow FFA + glycerol$$

TG = triglycerides, DG = diglyceride, MG = monoglyceride, FFA = free fatty acids

- السليلاز Cellulasse (EC 3.2.1.4): يحافظ على النسيج جيداً لأطول فترة ممكنة لأنه يزيل الزغب الذي يتكون على الأنسجة، مع الاستعمال والغسل إلى ذلك تدعى سلُيزات العناية بالنسيج وتساعد أيضاً في تحسين النظافة (Jensen, 2003).
- مجموعة الأميلاز Amylasse: تحلمه جزيئات النشاء وتفكيكها عندما تكون ملتصقةً بالأنسجة، مما يجعل عملية التنظيف أكثر سهولة، وإن تشكيل مزيج من إنزيمات الأميلاز مع البروتياز يوفر نظافة تامة (Jensen, 2003).
- مجموعة البروتياز Proteases: تفكيك البقايا البروتينية، وهي ذات فائدة كبيرة بسبب طبيعة البروتينات التي تستطيع الالتصاق بالأنسجة بقوة، مما يجعل عملية إزالتها صعبة جداً في حال غياب هذه الإنزيمات، ومن المهم الانتباه إلى عدم استعمال منظف يحتوي هذه الإنزيمات أثناء غسل المنتجات الصوفية والحريرية، لأنها تفكك البروتينات الموجودة فيها (باسيل، 2003).

5.3.1.1– المواد المضادة للرغوة Antifoam Agents:

تتشكل الرغوة في أثناء عملية الغسيل بسبب عملية الخض، وتؤثر الكميات الكبيرة للرغوة في عملية التنظيف ثم يضاف القليل من بعض المركبات المضادة للرغوة إلى تركيب المنظف، لتسهم في الحفاظ على النسيج في أثناء عملية التنظيف، ومن أهم هذه المركبات مركب بوليميري ثنائي ميتيل سيلوكسان Poly di methyl siloxane (PDMS)، وهو سوائل سيليكونية Silicone fluids مدعومة بحُبيبات السيليكا، ومن فوائد الرغوة منع إعادة ترسيب الأوساخ من جديد، ولا تزال الآلية الفعلية لمنع تشكل الرغوة عند إضافة تلك المواد غير واضحة، وتتميز مضادات الرغوة السليكونية مقارنةً بمضادات الرغوة التقليدية المبنية على الصابون بأنها تظهر فعالية المضادات التقليدية في الماء العسر عند وجود نسبة عالية من شوارد الكلسيوم، أو بوجود كمية كبيرة من الأوساخ، وتنعدم هذه الفعالية إذا كان الماء يسراً، وتبيّن أن قدرة الصابون على التحكم في الرغوة تقل في المنظفات الحاوية مواد فعّالة شرسبية غير الألكيل بنزن سلفونات مثل سلفات الكحول الدسمة، وألفا سلفو إسترات الحموض الدسمة، وعلى عكس الصابون فإن مضادات الرغوة السليكونية لا تتأثر بقساوة الماء، وبالتالي فهي فعّالة في درجات الحرارة المختلفة، وتتميز بفعاليتها حتى لو كانت بكميات قليلة، يضاف إلى ذلك أن بعض المواد الفعّالة سطحياً الأنيونية تمتلك خواصاً مضادة للرغوة مثل Alkyl Sulphates AS و Alkyl Ethoxylate Sulphates AES (Becker, 2003).

6.3.1.1− العطور Fragrance:

يستعمل العطر لتحسين رائحة المنظف مما يعطي إحساساً أفضل بالنظافة. لا تؤثر العطور في عمل المنظف، ويمكن أن يسبب بعضها آثاراً جانبية على الأشخاص الذين يمتلكون حساسية تجاهها، ويجب أن تكون بنسبة منخفضة جداً، وأن يتمتع العطر بثباتٍ عالٍ في درجات الحرارة المختلفة ويستعمل بتركيز بين 0.25-0.45% في أوروبة، أما في سورية فيبلغ 1% (Grimaux, 2003).

7.3.1.1− الأصبغة Dyes:

تتفاوت تأثيراتها في صحة الإنسان والبيئة، وتكون أقل سميّة كلما زادت قابليتها على الانحلال في الماء (Davis. *et al*, 1992).

8.3.1.1− المذيبات Solvents:

تذيب البقايا العضوية، ويمكن أن تسبب زيادة غير صحية للمركبات العضوية في الهواء، ولكن يعدّ بعض أنواعها، مثل: إتيرات بروبيلين غليكول Propylene glycol ethers مقبولة بيئياً (Davis. *et al*, 1992; Field, 2002).

9.3.1.1− عوامل منع إعادة الترسيب Anti-Redepoition-Agents:

يستطيع المنظف إزالة الأوساخ لكنه لا يستطيع الاحتفاظ بها في الماء، وهكذا تمنع هذه العوامل الأوساخ من العودة للنسيج أوالسطح، يستعمل العديد من المواد مثل الملح الصوديومي لكاربوكسي ميتيل سيليلوز Sodium Salt of Carboxymethyl Cellulose (CMC) الذي يعدّ إضافة جيدة إلى تركيب المنظف لأنه يمنع

الترسيب على الألياف السليلوزية، ويوجد أيضاً مركب بولي فينيل بيروليدون PolyVinyl Pyrolidone (PVP) وغيرها مثل النشاء Starch والسيليكات Silicates وأهمها أورثو سيليكات الصوديوم Na_4SiO_4 وسيليكات الصوديوم المعدلة $Na_6Si_2O_7$ وميتا سيليكات الصوديوم Na_2SiO_3، وتعود أهمية السيليكات لقدرتها على إزالة عسر المغنزيوم والحديد إضافة إلى دورها مانع أكسدة تحفظ المنظف وتمتلك قدرة ترطيبية، وتزيد قوة المنظف وذوبانه، وهي تستطيع تنظيم درجة حموضة الوسط أيضاً (Davis. *et al*, 1992).

10.3.1.1- عوامل مضادة للجراثيم Antimicrobial-Agents.

تضاف هذه المواد إلى تركيب المنظف بسبب قدرتها على إتلاف الأحياء الدقيقة وفعلها المنظف وخواصها الأخرى، ويمكن أن تكون مواد فعّالة سطحياً، علماً أن لبعضها أثراً بيئياً سلبياً، مثل: هيبو كلوريت الصوديوم Sodium hypochlorite والفورم ألداهيد Formaldehyde، وفوق بورات الصوديوم ويُضاف إليها منشط (Buhl & Hamilton, 2000).

4.1.1- التأثيرات البيئية للمنظفات The environmental effects of detergents.

تعتمد الآثار المترتبة على استعمال المنظفات على عدة عوامل، منها طبيعة المواد المكونة للمنظف وتركيزها عند وصولها إلى المصادر الطبيعية ودرجة ثباتها في النبات أم الحيوان أو في أثناء عمل الجراثيم عليها لتفكيكها، أو بسبب تأثير العوامل الخارجية فيها مثل الضوء والحرارة وغيرها (Cserhati. *et al*, 2002).

وتقسم المنظفات إلى نوعين: الأول لا يحتاج إلى وقت طويل حتى يتفكك، وبالتالي فإن خطورتها ليست كبيرة لأنها لا تبقى في البيئة فترة طويلة إذا كان تركيزها ضمن الحدود المقبولة، أما النوع الثاني فهو أكثر ثباتاً، وبالتالي تحتاج فترة أطول لتفككها، وتسبب أضراراً بيئية كبيرة للمصادر الطبيعية والأحياء التي تعيش فيها، ويبقى أثرها السام فترة طويلة (Valles, 2000; Gilbert & Pettigrew, 2007).

توجد مجموعة كبيرة من المواد الفعّالة سطحياً المختلفة بحسب بنيتها مما يؤدي إلى وجود اختلاف في طريقة التعامل معها بيئياً، وبعضها يؤدي دوراً في تفكيك ملوثات بيئية أخرى في مثل الملوثات الفينولية phenolic pollutants، وتستعمل حالياً المواد الفعّالة سطحياً الشرجبية بسبب دورها بصفتها معقّمات ومطرّيات للنسج (Michizoe. *et al*, 2005).

ازداد الطلب على مركبات ألكيل بنزن المتفرعة التي يصعب أكسدة السلسلة الألكيلية فيها، مما يؤدي إلى بقائها في المياه فترة طويلة، كما يدفع إلى البحث عن طرائق تسمح بتفكيك تلك المواد ومن أهمها: التفكيك الحيوي السريع، والتفكيك بالأمواج الصوتية، والتفكيك الضوئي، والتفكيك الضوئي الحفزي (OECD SIDS, 2002).

تمتاز مركبات LASs بأنها أكثر قابلية للتفكيك الحيوي، وهي جيدة الإنحلال في الماء وتصل إلى البيئة مع مماكباتها عبر الصناعات (منظفات مختلفة وغيرها) وللمياه عن طريق الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف (Tabor & Barber, 1996; Espinoza Rodezno, 2004).

بيّنت دراسات مختلفة أن تركيز المواد الفعّالة سطحياً الشرسبية يصل حتى 300 ملغ/لتر في مياه الصرف الصناعية، أما غير الشاردية فتصل حتى 30 ملغ/لتر، وإن تفكيكها الحيوي يتضمن توافر كمية كافية من الأكسجين الحيوي مما يؤدي إلى ارتفاع في كمية الإستهلاك الكيميائي للأكسجين COD، واستعملت الحمأة في معالجة هذه المواد، وتبين أنها تسبب تلوث المياه الجوفية، يبين الجدول 5 قيمة COD المعبرة عن تفكيك بعض المواد الفعّالة سطحياً (Zhang. *et al*, 1999; Petrovic & Barcelo, 2004; Bizukojc. *et al*, 2008).

الجدول 5. قيمة COD المعبرة عن تفكيك بعض المواد الفعّالة سطحياً.

الرمز	المادة الفعّالة سطحياً	المجموعة التي تنتمي إليها المادة الفعّالة سطحياً	الصيغة الكيميائي	قيمة COD في مياه الصرف (ملغ O_2/لتر)
A1	Sodium dodecyl sulphate (SDSs)	Alkyl sulphates (AS)	$H_3C-(CH_2)_{11}-O-SO_3Na$	735
A2	alkylbenzene sulphonate	Linear alkylbenzene sulphonates (LASs)	$CH_3(CH_2)_{7-10}-CH(CH_3)-C_6H_4-SO_3H$	735
N1	Decaoxyethylene alkyl ether	Alcohol ethoxylates (AE)	$H_3C-(CH_2)_{11-13}-O-(CH_2CH_2O)_{10}-H$	740
N2	Nonylphenylheptaoxyethylene glycol ether	Alkyl phenol ethoxylates (APE)	$CH_3(CH_2)_8-C_6H_4-O-(CH_2CH_2O)_7H$	710
الشاهد	–	–	–	750

1.4.1.1– تأثير المواد الفعّالة سطحياً في التربة The effect of surfactants on soil.

تؤثر المواد الفعّالة سطحياً بشكل سلبي في الأحياء الموجودة في التربة والنباتات المزروعة فيها، ويمكن أن يكون لها تأثير جيد في التربة، إذ تفكك الملوثات النفطية والهيدروكربونات، وتخلص التربة من المعادن الثقيلة (Bardi. *et al*, 2000; Mulligan. *et al*, 2001(a,b,c); Sartoros. *et al*, 2005; Paria, 2008; Zhou. *et al*, 2008; Franzetti. *et al*, 2008; Zhu and Aitken, 2010).

تستطيع بعض السلالات الجرثومية الموجودة في التربة تحمّل تراكيز من LASs تفوق 300 ملغ/ل وهي من الأنواع *Pseudomonas fluorescens* و *Bacillus sereus*. ولكن سلالات أخرى مثل سلالات النوع *Nitromonas eruopaea* حساسة جداً لتراكيز LASs تتراوح بين 3 – 14 ملغ/ل، وإن تعريضها لهذه التراكيز باستمرار يكبح عملها مدة تتراوح بين 1 - 5 أيام بحسب السلالة (Klein, 2000; Brandt. *et al*, 2001; Elsgaard. *et al*, 2001[a,b]; Jensen. *et al*, 2001; Boopathy, 2002; Pozo. *et al*, 2003; Torres. *et al*, 2005).

وقد بيّن الباحث Witthuhn وفريقه (2005) أن تراكيز 34 – 56 ملغ/ل من مادة 2,4-dichlorophenol في التربة يسبب زيادة عدد خلايا الأحياء الدقيقة، ولكن عندما تتجاوز هذا التركيز 68-80 ملغ/ل فإنها تصبح قاتلة لتلك الأحياء.

2.4.1.1– تأثير المواد الفعّالة سطحياً في المياه وخواصها الفيزيوكيميائية

The effect of surfactants on water and it's physiochemical characteristics

يصل العديد من المواد الفعّالة سطحياً إلى النظم البيئية المختلفة، ويترسب من الماء ما نسبته 87 - 99% من مركبات linear alkylbenzene sulphonates (LASs), alkyl ethoxysulphates (AES) و65 - 87% من مركبات نونيل فينول إثوكسيلات nonylphenol ethoxylates (NPEOs) والإثوكسيلات الكحولية alcohol ethoxylates (AEOs)، وتبيّن أن تركيز(AES) في الرواسب السطحية أقل من 0.25 ملغ/كغ (Lara-Martin. *et al*, 2008).

تبيّن أن تركيز LASs يتراوح بين 50 - 1000 ملغ/ل في المياه، وفي الرواسب يبدأ من تركيز 0.1 ملغ/كغ، وتنتج مركبات Sulpho Phenyl Carboxylates (SPCs) من تفكيك LASs وتظهر في الماء بتراكيز أعلى من 100 ميكروغ/ل، وتوجد مركبات NPEOs بمستويات بين 0.01 - 50 ملغ/كغ في الرواسب، أما في المياه السطحية فتزيد على 100 ميكروغرام/ل. أما مركبات AEOs وAES فتوجد بكميات قليلة ومحدودة في المياه السطحية، ويتراوح تركيزها بين 0.1 - 2 ميكروغرام/ل، أما تركيزها في الرواسب فيتراوح بين 0.02 - 0.4 ملغ/كغ، وقدّرت سميّة LASs بين 0.1 – 100 ملغ/لتر، ووجد الباحث Lara-Martin وزملاؤه (2006) أن النسبة الآمنة (تركيز العوامل السامة/تركيزه المنحل في الماء) يكون بين 10 – 100 ملغ/لتر في المياه العذبة الحاوية الطحالب والأسماك، أما في الرواسب فالنسبة تبلغ 200 ملغ/كغ (Ding. *et al*.1999; Bester. *et al*, 2001; Eichhorn. *et al*, 2002; Leon. *et al,* 2002; Isobe & Takada, 2004; Jonkers. *et al*, (2003)(2005); Eadsforth. *et al*, 2006; Sanderson. *et al,* 2006; Clara. *et al*, 2007)

درس الباحث Garcia وزملاؤه (2007) قابلية تفكيك وسميّة مركبات أكاسيد الأمينات Amine oxide كونها تنتمي إلى مواد فعّالة سطحياً غير الشاردية التي تؤدي دوراً شرجبياً في المحلول الحمضي، وتعطي خواص رغوية جيدة، وتتعرض لمعالجة فيزيائية وحيوية في محطات المعالجة، إذ تبيّن أن الأكثر سهولة في التفكيك اللاهوائي هو أكسيد ألكيل أميدو أمين Alkyl amido amine oxide، وبلغ تفكيكه 94% في محطات المعالجة التي تستعمل طريقة الحمأة المنشطة.

وتؤثر المواد الفعّالة سطحياً في الأوساط المائية، مسببة تغيّراً في الخواص الفيزيائية للماء ومخفضةً من نسبة الأكسجين المنحل فيه، كما ينتج عن عملية التفكيك الحيوي مواد تغيّر من درجة حموضة الوسط، وتساهم تلك المواد أيضاً في نشوء ظاهرة الازهرار Bloom مما يؤدي إلى زيادة المواد السامة، وتخفض التوتر السطحي للماء، وتقلل من قدرة الأحياء على التكاثر، وتخرب الطبقة المخاطية التي تحمي الأسماك (Rapaport & Eckhoff, 1990; Sun. *et al*, 2004).

تؤدي المواد الفعّالة سطحياً دوراً إيجابياً في بعض حالات تلوث المياه كما في حال التلوث بالنفتالين، ففي تجربة للباحث San Miguel وزملاؤه (2009) استعمل النوع الجرثومي *Sphingomonas paucimobilis* لتفكيك النفتالين الموجود في المياه وأضيفت مادة فعّالة سطحياً هي poly (ε -caprolactone)، لوحظ بعد 140 ساعة أنه لم يبقَ سوى 10% فقط من التركيز الأصلي للنفتالين في الوسط، إذ ساعدت تلك المادة الفعّالة هذا الكائن في تفكيك النفتالين، وغالباً ما تساعد المواد الفعّالة سطحياً الأحياء الدقيقة الموجودة في المياه على تفكيك الفحوم الهيدروجينية العطرية متعدّدة الحلقات Polycyclic Aromatic Hydrocarbons PAHs.

وبيّن الباحث Seo وزملاؤه (2009) أن 97.2- 99% من الفينانثيرين و99.9% من البيريدين تتفكك حيوياً باستعمال الأحياء الدقيقة بوجود بعض المواد الفعّالة سطحياً.

3.4.1.1- تأثير المواد الفعّالة سطحياً في الأحياء The effect of surfactants on organisms.

إن لمركبات LABs تأثيراً سمّياً في جميع الأحياء التي أجري الاختبار عليها ضمن حدودها المنحلة في الماء مثل الدافنيا *Daphnia magna*، إذ بلغ تأثيره عليها أكثر بنحو 10 مرات مقارنةً بنفس الكتلة عند الأسماك خلال 48 ساعة، وبينت الدراسات أنَّ الأثر السام للمواد الفعّالة سطحياً في المنظف تختلف من كائن لآخر، فهي سامة للأسماك، عند تركيز معين، لكن هذا التركيز لا يكون ساماً للأحياء الدقيقة الموجودة في الماء لأنها قادرة على تفكيك هذه المركبات وبالتالي تخفف من تأثيرها السام (Gledhill. *et al*, 1991; Belanger. *et al*, 2002)، والجدول 6 يوضح التركيز السام لمركبات LABs في بعض الأحياء (OECD SIDS, 2001, 2002, 2004).

الجدول 6. التركيز السام لمركبات LABs على بعض الأحياء.

الكائن	النوع	التركيز السام من LABs	مدة التجربة، ساعة	المرجع
النباتات والطحالب المائية	*Selenastrum capricormutum*	التركيز المنحل من المادة في الماء	96	Gledhill. *et al* , 1991
الأسماك	*Brachydanio rerio*	57.8 ملغ/ل	24 x 21	Enichem Augusta Ind, 2001
	Lepomis macrochirus	التركيز المنحل من المادة في الماء	96-24	Werner & Kimerle, 1982
اللافقاريات	*Daphnia magna*	تراكيز مختلفة	فترات زمنية مختلفة	Verge. *et al*, 1999 OECD SIDS, 2004
	Gammarus fasciatus	التركيز المنحل من المادة في الماء	فترات زمنية مختلفة	Gledhill. *et al* , 1991
الحشرات	*Chironomus tentans*	125 ملغ/ل	24 x 21	
	Paratanytarsus parthenogenetica	التركيز المنحل من المادة في الماء	48	

Robinson & Nair, 1992		ردود الفعل كانت سلبية	*Salmonella typhimurium*	**الأحياء الدقيقة**
Monsanto Rep ML-80-58 Monsanto Rep ML-80-71 Monsanto Rep ML-82-1 Monsanto Rep BD-84-315		تراكيز مختلفة	*Sprague-Dawley*	**الجرذان**
Monsanto Report BT-65-3 Monsanto Report BT-65-4	72-24 ساعة	تراكيز مختلفة	*New Zealand* *New Zealand albino*	**الأرنب**
Huls Report No. 143	14 يوم	حالات تحسس جلدية	*Guinea pig*	**الخنزير**
Monsanto Report SH-81-1 OECD SIDS, 2002		جرعة 0.2 مل حالات تحسس جلدي.		**الإنسان**

تعدّ مادة LASs سامة للطحالب عندما يكون تركيزها بين 10– 300 ملغ/لتر، ولكن الأسماك والقشريات تتأثر بتركيز أقل من ذلك بين 1– 10 ملغ/لتر، وتؤثر LASs والإيثوكسيلات الكحولية بشكل سام في *Daphnia magna* بتراكيز مختلفة (Painter, 1992; Kusk & Petersen,1997; Utsunomiya. *et al*, 1997; Tolls, 1998 OECD SIDS, 2002; Oya and Hisano, 2010).

توجد مواد أخرى فعّالة سطحياً هي إيثوكسيلات ألكيل الفينول كانت تدخل في تركيب المنظف، ولكنها الآن لا تستعمل إلا فيما ندر على الرغم من قابليتها للتفكيك السريع، لكنها ذات تأثير ضار جداً بالبيئة لأنها تعطي الفينول عند تفكيكها حيوياً، وهو أشد سميّة من المادة الأصلية ولا يتأثر بالتفكيك الحيوي، وهذه المادة تصل سميّتها إلى 0.002 ملغ/لتر للطحالب و0.1 – 0.3 ملغ/لتر للأسماك، ولذلك لا ينصح باستعمالها منظفاً، ويمكن استبدالها بإيثوكسيلات الكحولات الأليفاتية (Di Gioia. *et al*, 2004; Belanger. *et al*, 2000, 2006).

درس الباحث Garcia وزملاؤه (2007) قابلية تفكيك مركبات أوكسيد الأمين Amine oxide وسميّتها بصفتها مادة فعّالة سطحياً، وتبيّن أن تركيزها السام على جراثيم *Photobacterium phosphoreum* تراوح بين0.11 - 11 ملغ/لتر وعلى *Daphnia magna* بين 6.8 - 45 ملغ/لتر، إضافة لتأثر *Daphnia magna* بالكثير من المواد الفعّالة سطحياً (Lewis & Horning. 1991. Steber. *et al*. 1995; Madsen. *et al*. 1996)، إذ تتميز المواد الفعّالة سطحياً المتذبذبة بخواص سميّة للأحياء المائية مثل *Daphnia magna* و *Photobacterium phosphoreum*، والجدول 7 يوضح مجال التركيز الذي تؤثر فيه هذه المواد في تلك الأحياء (Garcia. *et al*, 2008, 2009):

الجدول 7. التركيز السام لأنواع من Amphoteric Surfactants في

Daphnia magna* و *Photobacterium phosphoreum

Daphnia magna ملغ/ل	***Photobacterium phosphoreum*** ملغ/ل	**Amphoteric Surfactants**	
35–57	7.1–11	C_{10}-Bet	**Alkyl betaines**
4.3–6.8	4.2–9.2	C_{12}-Bet	
8.4–11.8	3.2–8.3	C_{14}-Bet	

3.9–6.8	57–100	Amido-Bet	**Alkylamido betaines**
> 200	50–100	C_{10}-Imi	**Alkyl imidazoline derivatives**
37–130	35–59	C_{12}-Imi	
32–59	17–29	C_{14}-Imi	

تبيّن بالمقارنة عدم وجود اختلاف بين طحالب المياه العذبة والمالحة فيما يتعلق بتأثرها بالمواد الفعّالة سطحياً، لكن لوحظ أن أقل التراكيز المؤثرة في الطحالب كان عند الطحلب البحري *Gymnodidium* إذ تراوح بين 0.025 - 0.125 ملغ/ل، أما باقي الطحالب البحرية فتأثرت بتركيز يزيد على 10 ملغ/ل (Kimerle, 1989).

ودرس الباحث Sibila وزملاؤه (2008) تأثير سميّة مركب AES في طحلب *Isochrysis galbana* وطحلب *Dunaliella salina* وتبيّن أنها تتأثر بتركيز هذه المادة الفعّالة سطحياً وفق الآتي: كان التأثر خلال 96 ساعة في حال *Dunaliella salina* بتركيز 4.68 غ/ل و *Isochrysis galbana* بتركيز 24.02 ملغ/ل وكان *Dunaliella salina* هو الأكثر تحملاً لتركيز هذه المادة.

وتبيّن الجداول 8 – 11 بعض المواد الفعّالة سطحياً وتأثيرها في الأحياء المختلفة مع التركيز المؤثر في تلك الأحياء.

الجدول 8. تأثير بعض المواد الفعّالة سطحياً في الطحالب.

المرجع	تركيز الجرعة ملغ/ل	مدة التجربة ساعة	المادة الفعّالة سطحياً		النوع
Belanger & Rupe, 1996	> 0.55	28 x24	**AS**	C_{12}	*Microcosmos Algae community*
Belanger. *et al*, 2006	0.101	فترات زمنية مختلفة	**AE**	C_{10}	*Lemna minor*
Steber. *et al*,1995	21	72	**APG**	C_{8-10}	*Scenedesmus subspicatus*
Madsen. *et al*,1996	11	72		C_{12-14}	*Selenastrum capricornutum*
IUCLID, 2000	1.84	72	**betaine**	Cocoamido propylbetaine	*Scenedesmus subspicatus*
Liwarska-Bizukojc. *et al*, 2005	36.58	72	**SDSs**		*Raphidocelis subcapitata*

الجدول 9. تأثير بعض المواد الفعّالة سطحياً في اللافقاريات المائية Aquatic Invertebrates.

المرجع	تركيز الجُرعة ملغ/ل	مدة التجربة ساعة	المادة الفعّالة سطحياً		النوع
Roberts. *et al*, 1982	0.6	96	Na-C_{12}	**AS**	*Acartia tonsa*
Verge & Moreno, 2000	0.77	24x 56	C_{14-15}	**AES**	*Mesocosmos Invertebrate community*

الجدول 10. تأثير بعض المواد الفعّالة سطحياً في الأسماك Fish.

النوع	المادة الفعّالة سطحياً		مدة التجربة ساعة	تركيز الجُرعة ملغ/ل	المرجع
Atlantic silverside (Menida menida)	**AS**	C_{12}	96	2.8	Roberts. *et al*, 1982
Fathead minnow	**AES**	C_{12}	24	1.5	Painter, 1992
Rainbow trout		C_{9-10}	96	400-450	
Zebra fish (Brachydanio rerio)	**DEEDMAC**			502	Giolando. *et al*, 1995

الجدول 11. تأثير بعض المواد الفعّالة سطحياً على Sediment-living organisms

النوع	المادة الفعّالة سطحياً		مدة التجربة ساعة	تركيز الجُرعة ملغ/ل	المرجع
Arenicola marina	**AS**	C_{12}	48	١٥.٢ ملغ/ل	Painter, 1992
Tresus carpax (larvae)		C_{12}		٠.٣٥ ملغ/ل	

عند تغذية الحيوانات في المختبر (الجرذ والفأر والأرنب) بحمية غذائية تبلغ فيها نسبة AS 4% مدة 90 يوماً، فإن احتمال إصابتها بالسرطان يصبح كبيراً جداً، أما عند إضافة مادة AES إلى غذاء الحيوانات في المختبر (الجرذ) مدة 90 يوماً بنسبة 1% فقد تبيّن زيادة في وزن الكلية أو الجسم بشكل عام فقط، ولا يوجد ما يؤكد أنها تسبب السرطان، وطُبّق LASs بتراكيز محاليل مختلفة تراوحت بين 0.05 - 20% على إناث جرذان في فترة الحمل، ولم يحدث أي تأثير في الأجنة، ولكن كانت الفئران التي ولدت أكبر حجماً مقارنةً بالتي لم تتعرض للمركب (Gloxhuber & Kunstler, 1992; IPCS, 1996; CESIO, 2000; Comber. *et al*, 2003; Belanger. *et al*, 2006).

تؤثر المواد الفعّالة سطحياً بشكل عام على صحة الإنسان، مسببة له، غالباً، تحسساً جلدياً وعينياً، فوجود مركبات LABs غير محبب بسبب مخاطرها على صحة الإنسان، وتعود سميّتها لتأثيرها التراكمي وإحداثها حالات تحسسيّة، كما هو ملاحظ في الجدول 17، وتبين عند تعرض الإنسان لمادة AS ومادة AES حدوث تحسس للجلد والعين جلدي وأذى كبير للعين، وتسبب أذية كبيرة للعين، أما LASs فإن الاختبار الذي أجري على 2294 متطوعاً لم يظهر أي نوع من الحساسية الجلدية، حتى لو تعرض الجلد لسائل يحتوي LASs بنسبة 1% مدة 24 ساعة، وعند تجاوز هذه النسبة تحدث حساسية جلدية، أما تحسس العين فقد طبقت التجربة على الأرنب، وتبيّن عدم حدوث تحسس، إذا كان التركيز أقل من 0.1% في سائل التجربة وتحدث حساسية العين عند تطبيق محاليل تحتوي LASs بنسبة تتراوح بين 0.1 - 5 % (Monsanto Report SH-81-1; CESIO, 2000).

5.1.1– طرائق معالجة المنظفات Treatment methods of detergents

توجد عدة طرائق لمعالجة المنظفات في مياه الصرف، أهمها:

1.5.1.1- الطرائق الآلية والكيميائية Mechanical and chemical methods

تشمل الطرائق الآلية ترسيب المواد الصلبة الكبيرة بفعل الجاذبية، إذ تترسب الجسيمات غير القابلة للذوبان، بينما تطفو المواد الدسمة على السطح التي يلاحظ فيها أحياناً بعض بقايا عملية التصبن مثل شوارد الكلسيوم والمغنزيوم، وهي أخف من الماء مما يسمح بإزالتها، ويضاف أحياناً عدد من المواد الكيميائية التي تساعد في التخلص من بعض الملوثات، وتكون المخلفات السائلة ذات قيم مرتفعة من BOD وCOD لذلك استعملت مصائد الزيت ذات الكفاءة العالية وفواصل الزيت بالوزن، ويجري أحياناً تجميع المخلفات السائلة القابلة للتصبن ومعالجتها بحمض دهني ليعادل الصودا الكاوية، ويغلى مع بخار الماء، ويترك حتى ينفصل الصابون (Jeworski and Heinzle, 2000; Doan. *et al*, 2003; Tunay, 2004).

2.5.1.1- الطرائق الحيوية Biological methods

تعتمد المعالجة الحيوية على الأحياء الدقيقة التي تؤكسد المواد العضوية المنحلة والمعلقة، وتخفض نحو 85% من مجموع المواد الصلبة و BOD من الماء. (Horan, 1991)

إن معظم المواد الفعّالة سطحياً والمستعملة، قابلة للتفكيك الحيوي غالباً عن طريق المعالجة الحيوية الهوائية واللاهوائية، وقابلة للانتقال في حالتي الأليفاتية والمتفرعة منها، مثل السلفات الكحولية alcohol sulphates والإثوكسيلات الكحولية وغيرها الكثير، بينما يتفكك LASs في أثناء المعالجة الثانوية في محطات المعالجة بنسبة تتراوح بين 97 - 99%، وتتراوح نسبة تفكيك المواد الفعّالة من النوع نونيل فينول nonylphenol بين 74 - 87% (Scott & Jones, 2000; Jin Kim. *et al*, 2005; Terzic. *et al*, 2005; Pant & Pant, 2010).

بيّن الباحث Cattaneo-Vietti (2003) وجود أنواع من الهدبيات Ciliates والديدان الخيطية Nematodes والقشريات مجذافيات الأرجل Copepods والقشريات قوقعيات الدرقة Ostracods وثنائيات المصراع Bivalves وكثيرات الأشعار Polychaetes وغيرها، تؤدي دوراً مهماً في عملية المعالجة الحيوية للمواد الفعّالة سطحياً في تجربة استمرت ثلاث سنوات، في مياه الصرف الواصلة إلى البحر، وقد وجد تراكيز من المواد الفعّالة سطحياً في الأحياء البحرية تساعد تلك الأحياء على تنظيف المنطقة الساحلية البحرية التي تعيش فيها.

ولاحظ الباحث Mauffret وزملاؤه (2010) أن الرخوي البحري *Hydrobia ulvae* يستطيع استعمال LASs الموجود في الرواسب، وتبين وجود مركبات LASs التي يتراوح طول سلسلتها بين 10- 13 ذرّة كربون في جسم هذا الكائن، ولوحظ أيضاً أن هذا الكائن قادر على تحمّل كميّة من LASs في جسمه خلال يوم واحد تتراوح بين 40 - 107 ملغ/كغ من جسمه، وبين 65 - 190 ملغ/كغ خلال 9 أيام مما يجعله أحد أهم الأحياء القادرة على التخلص من مركبات LASs التي توجد في الرواسب البحرية، وأجريت أيضاً دراسات في المعالجة الحيوية للملوثات في المناطق المائية المختلفة وفي نظم معالجة مياه الصرف الصحي، باستعمال

أحياء من كثيرات الأشعار والإسفنج من النوع *Chondrilla nucula* باعتبارها قادرة على المعالجـة الحيويـة (Milanese. *et al*, 2003; Giangrande. *et al*, 2005; Cestone. *et al*, 2008).

تشكل مركبات Quaternary ammonium compounds (QACs) مع المواد الفعّالة سطحياً ثنائية شاردية، وتبيّن أن 20% منها فقط تتفكك في محطات المعالجة، ويبقى 80% في الحمأة المنشطة، وتعدّ ركائز للأحياء الدقيقة، ولوحظ بعد تطبيق الطرائق المعتمدة عالمياً أن أفضل نسبة تفكيك لهذه المواد كانت 60% خلال 10 أيام بعد زيادة تركيز الأكسجين عشرة أضعاف، ولوحظ أن هذه المركبات ومواد فعّالة سطحياً أخرى أن كلاً منها تؤثر في الأخرى في أثناء التفكيك الحيوي، وينخفض التفكيك الحيوي لمواد (LASs، SDSs) بوجود QACs، بينما يتحسن التفكيك الحيوي لمواد QACs بشكل بسيط بوجود هذه المواد (Sutterlin. *et al*, 2008).

أجرى الباحث Espinoza Rodezno (2004) المعالجة الحيوية على مياه صرف صناعية تتميز بتراكيز عالية من LASs وSDSs وDATs وبلغ متوسط تركيز LASs 400 ملغ/ل، وتراوحت نسبة التفكيك بين 60 - 95%، ويتفكك DATs بتركيز 100 ملغ/ل في حمأة منّشطة ولعدة أسابيع بنسبة 99%، كما أن SDSs تتفكك بشكل كلي خلال 48 ساعة بتراكيز بين 0.5 - 2.5 غ/ل.

وكان قد وجد الباحث Larson وزملاؤه في العام (1993) أن الفترة الزمنية لتفكيك LASs بتراكيز 1 - 100 ملغ/غ طويلة نسبياً، وتراوحت بين عدة أيام وعدة أسابيع، وبيّن Nielsen و زملاؤه (1997) تفكك 98.4% من LASs خلال 45 يوماً، علماً أن ما نسبته 86.1% تفكك حيوياً بشكل نهائي، وأثبت الباحثان Federle و Itrich, (2006) أن مادة AE تتفكك بوساطة حمأة منشطة بنسبة 99.76 - 99.85% بحسب طول السلسلة، وبتراكيز بين 9.3 - 35.6 ملغ/ل بدرجة حرارة 20°C (Itrich & Federle, 2004).

ولازالت عملية التفكيك اللاهوائي مستعملة في محطات المعالجة لأسباب اقتصادية، إذ تتفكك المركبات الكبريتية الموجودة في مياه الصرف بتحولها إلى كبريتيت بفعل الجراثيم التي تستهلك الكبريت مصدراً للطاقة، مع العلم أن معظم مركبات الكبريتيت تتحول إلى كبريت في الشروط الهوائية، وبيّنت الدراسات أن للكبريت تأثيراً سلبياً في الجراثيم الهوائية المسؤولة عن التفكيك الهوائي، والتي تحتاج إلى استهلاك الكثير من الأكسجين المنّحل، ولذلك فإن التركيز العالي للمواد الفعّالة سطحياً يؤدي إلى تشكل رغوة في أثناء العمليات الحيوية الهوائية، كما أن تحلل المواد الفعّالة سطحياً لا يحدث مباشرة في أثناء عمليات المعالجة الهوائية، ويتم استعمال الكاشف الفنتوني Fenton reagent (مزيج من محلول الماء الأكسجيني H_2O_2 ومحلول يحتوي شوارد الحديد Ferrous iron)، وهذه طريقة مستعملة في حال التفكيك الضوئي (Rinzema & Lettinga, 1988; Pignatello, 1992; Ruppert & Bauer, 1993; Visser. *et al*, 1996; Samir & Huang, 2003).

وقد طُبّقت هذه الطريقة على مياه صرف صناعية في محطة معالجة معمل منظفات في الصـين تحتـوي تراكيز عالية من المواد الفعّالة سطحياً، ولم تعمل بشكل جيد نظراً إلى تشكل الكثير من الرغوة أثناء عمليـات التهوية، ولقد لوحظ انخفاض تراكيز المواد الفعّالة سحطياً بشكل كبير، وقارن الباحـث Jun Wang وزمـلاؤه (2008) الذين أجروا التجربة بين المعالجة الفنتونية والمعالجة الحيوية، كما يوضح الجدول 12.

الجدول 12. تأثير مقارنة بين المعالجة الفنتونية والمعالجة الحيوية.

المؤشر	العينة		المعالجة الفنتونية			المعالجة الحيوية		
	COD ملغ/ل	LASs ملغ/ل	زمن المعالجة الحيوية(دقيقة)	COD ملغ/ل	LASs ملغ/ل	زمن المعالجة الحيوية (ساعة)	COD ملغ/ل	LASs ملغ/ل
العينة الأولى	1652	528	40	235	24.7	5	131	7.9
						10	92	4
						20	84	4
العينة الثانية	2412	561	40	362	39.5	5	151	8.1
						10	105	4.7
						20	92	4.5

وتبيّن النتائج أن المعالجة الفنتونية والمعالجة الحيوية تعدّان حلاً اقتصادياً لمعالجة مياه الصرف التي تحتوي كميّات كبيرة من المواد الفعّالة سطحياً، والتي يتميز بعضها بصعوبة معالجتها بالطرائق الفيزيوكيميائية مع ملاحظة أن المعالجة الفنتونية تحدث على نحو أسرع، واستعملت هذه الطريقة أيضاً في تفكيك SDSs إذ وصلت نسبة التفكيك إلى 99% (Bandala. *et al*, 2007).

6.1.1- تفكيك المواد الفعّالة سطحياً Surfactants degradation

يعدّ التفكيك الحيوي أحد أهم العمليات التي تتعرض لها المركبات الكيميائية في الطبيعة، ويوجد حالياً اهتمام كبير لإيجاد العلاقة بين التفكيك الحيوي والصيغة الجزيئية للمركبات، وإن إيجاد هذه العلاقة يمكن أن يساعد على تحديد نسبة التفكيك الحيوي واستعماله لذلك (Alexander, 1981)، والمادة الفعّالة سطحياً قابلة للتفكيك الحيوي إذا تحلل 60% منها خلال 28 يوماً، وأحياناً تكون نواتج التفكيك الحيوي أكثر سميّة من المركب الأصلي، وتتفكك المواد الفعّالة سطحياً بطرائق مختلفة فيزيائية وكيميائية وحيوية (Schroder. *et al*, 2010)، وتتعرض المواد الفعّالة سطحياً لنوعين من التفكيك هما التفكيك الضوئي Photodegradation والتفكيك الحيوي Biodegradation (SRI,1995).

1.6.1.1 – التفكيك الضوئي للمواد الفعّالة سطحياً Surfactants photodegradation

تتميز بعض المواد الفعّالة سطحياً بانخفاض القابلية للتفكيك الحيوي أو عدمه أو بسبب نواتجها الضارة للبيئة إذ لا يتم اللجوء إلى تفكيكها حيوياً، ومنها مادة Nonyl phenyl Poly (oxyethylene) Ethers (NPE-10)، وهي من المواد الفعّالة سطحياً غير الشاردية، تدخل في تركيب العديد من المنتجات الصناعية والمنزلية، والتفكيك الحيوي لها غير مرغوب فيه لأنه يؤدي إلى إنتاج مركبات تسبب مشكلات بيئية. وتفكيك هذه المادة بوساطة الجراثيم ضعيف جداً، إلى ذلك تمت الاستعانة بطرائق أخرى لمعالجة مثل هذه المواد ومن أهمها التفكيك الضوئي الوساطي، وتعدّ هذه الطريقة من أحدث الطرائق المستعملة وتعتمد على أكسدة المركبات العضوية الثابتة وتحويلها إلى CO_2 وماء، وتعتمد على توليد جذور الهيدروكسيل $OH^{\bullet}$ الحرة التي تتمتع بقدرة عالية على الأكسدة بإحدى طريقتين: الطريقة الكيميائية الضوئية بتأثير الأشعة فوق البنفسجية UV، والطريقة الضوئية الحفزية باستعمال أنصاف النواقل والأشعة فوق البنفسجية، كما هو في حالة استعمال ثنائي أكسيد التيتانيوم Titanium dioxide (TiO_2) في التفكيك الضوئي إضافة إلى الأشعة فوق البنفسجية،

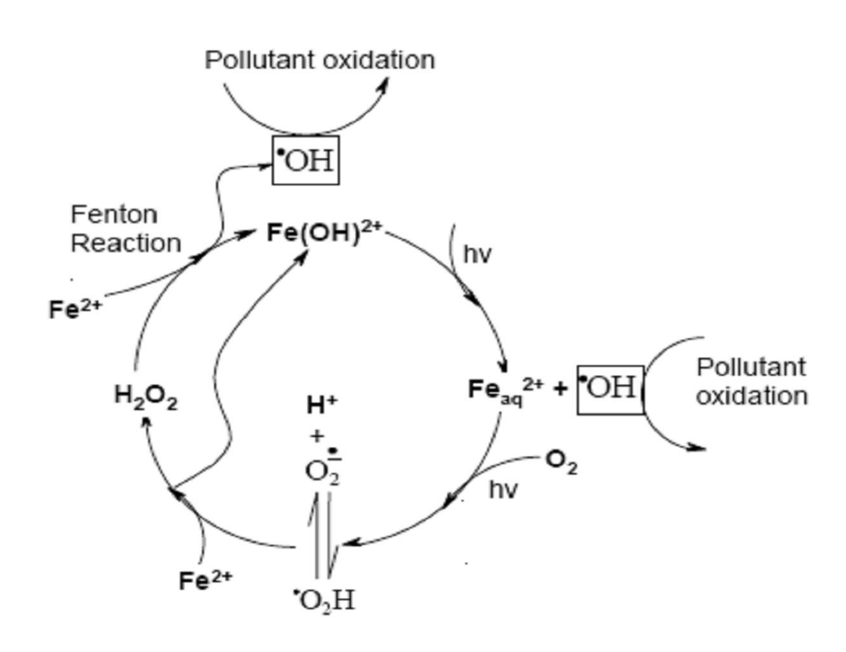
ووصلت نسبة التفكيك الضوئي لهذه المادة خلال أربع ساعات إلى 90% من التركيز الأصلي لها بوجود إضاءة شمسية و52.6% بوجود TiO_2، وفي تجربة أخرى وصلت النسبة حتى 100% بتركيز (0.0025 - 300) ملغ/ل من مادة Naphtelene Sulphonic التي تستعمل في صباغة الجلود، وقد استعمل Ti/TiO_2 أنصاف نواقل وذلك بدرجة حموضة 2 خلال 90 دقيقة فقط من المعالجة بطريقة التحفيز الضوئي إضافة إلى تفكيك 94% من المواد الكربونية الأخرى الموجودة في الوسط، أما في الوقت الحاضر فهناك إتجاه نحو تخفيض تكاليف المعالجة بالاعتماد على أشعة الشمس باستعمال أملاح الحديد المُنحلة في الماء والتي تمتص أشعة الشمس متحولة إلى الحديد Fe^{+2} المانح للإلكترون اللازم لجزيء الماء الأكسجيني H_2O_2 القابل للتفكك مولداً جذور الهيدروكسيل ($OH^{\bullet}$) الحرة (Chamarro and Esplugas, 2001; Rodriguez, 2002, 2003; Du. *et al*, 2008; Paschoal. *et al*, 2008)، وفق التفاعل الآتي:

$$Fe^{+2} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{+3} + OH^- + HO^{\bullet}$$

$$[Fe^{+3}(OH)^-]^{+2} \longrightarrow Fe^{+2} + HO^{\bullet}$$

تقاس عند طول موجة 450 nm

ويوضح الشكل 3 آلية الأكسدة الفنتونية.



الشكل 3. مخطط الأكسدة الفنتونية.

أما مركبات LABs فلا يبدو أنها تخضع لتفكيك ضوئي مباشر أو تغيّر كيميائي في الطبيعة، إذ تتفكك بنسبة أقل من 1% عندما تحتوي أسيتونتريل Acetonitrile في مركبات 215 Alkylate وتكون نسبة تفكيك كل منها (1% C9, 16% C10, 43% C11, 40% C12, 1% C13, 1% C14)، ويحدث التفكيك بحسب موقع ذرّة الكربون مدة 14 يوماً، في حين تتفكك مركبات LASs ضوئياً بنسبة تتراوح بين 99.1 - 99.5%، وتعدّ المواد الناتجة عن تفكيكها الضوئي أقل سميّة منها بنسبة تتراوح بين 10 - 100% باستعمال ($UV\text{-}254/H_2O_2$)، ويمكن أن يتفكك بهذه الطريقة نحو 38 ملغ/ل من LASs في أثناء تعرضها لهذا النوع من المعالجة خلال

ربع ساعة، وللضوء دور في عملية تفكيك المواد الفعّالة سطحياً في المياه، وقد أُجري العديد من التجارب التي تؤكد أهمية هذا النوع من المعالجة (Mann & Boddy, 2000; Mehrvar, 2004; Doll & Frimmel; 2005; Venhuis & Mehrvar, 2005).

2.6.1.1– التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً Surfactants Biodegradation

تأخذ عملية تفكيك المواد الفعّالة سطحياً باستعمال الأحياء المختلفة أهمية كبيرة نظراً إلى تأثيراتها السميّة وتحولاتها في البيئة، ويجري العمل لإنتاج مواد فعّالة سطحياً قابلة للتفكيك الحيوي بأقل تأثير سميّ وأقل بقايا كيميائية في البيئة، فمركبات الإثوكسيلات الكحولية الخطية تتفكك بشكل طبيعي إلى كحول خطي Linear Alcohol وحموض كربوكسيلية وهي الأقل تأثيراً في البيئة، إضافة إلى قدرته على الذوبان في الماء البارد مما يسمح بتخفيض الطاقة عند التنظيف، وبالعكس فإن هناك إثوكسيلات الألكيل فينول Alkyl Phenol Ethoxylates التي يمكن أن تتحلل طبيعياً في الشروط اللاهوائية إلى فينولات الألكيل Alkyl Phenols وتبقى في البيئة، وهي سامة بالنسبة الأحياء المائية.(Swisher, 1987)

واستعمل ملح عضوي للكحولات الخطية في المنظف مما سمح بتحسين التفكيك الحيوي للمنظف مع أثر بيئي أفضل، علماً أن تركيز المواد الفعّالة سطحياً يتصف بتأثير مضاد لعملية التفكيك الحيوي (Guo Ying, 2006; Fromel & Knepper, 2008; Merrettig-Bruns & Jelen, 2009).

أما مادة سلفات ألكيل الاتير Alkyl ether sulphates (AESs) فإن التفكيك الحيوي يبدأ بانفصال رابطة الإيتر وبتشكل كحولات دسمة fatty alcohol أو الإيثوكسيلات الكحولية مع سلفات إيتيلين غليكول ethylene glycol sulphates، ويتعرض الكحول لعمليتي أكسدة ω/β -oxidation وتتعرض سلفات إيتيلين غليكول لأكسدة وتتفكك، ثم تحدث عملية نزع الكبريت desulphonation، ويمكن لعمليتي تفكيك الإيتر ونزع الكبريت أن تحدثا بغياب الهواء، ولكن آلية التفكيك الحيوي اللاهوائي لهذه المادة غير معروف بدقة، وتصل نسبة التفكيك الحيوي الهوائي لهذه المادة إلى 90 - 100% خلال 5 أيام، أما التفكيك اللاهوائي فإلى 70% فقط خلال 17 يوماً (Steber & Berger, 1995; Szymanski. *et al*, 2002).

أما مركب AS فإنه يحتوي رابطة سلفات تساعد على ملاحظة التغيّرات التي تطرأ عليه في أثناء عملية التفكيك الحيوي بوجود إنزيمات الألكيل سولفاتاز alkylsulphatases إذ ينتج الكبريت اللاعضوي وكحولات دسمة التي تستمر بعد ذلك لتتأكسد بوجود إنزيم الديهيدروجيناز dehydrogenases منتجة حموضاً دسمة fatty acids بدءاً من ألدهيدات دسمة fatty aldehydes وتتفكك الحموض الناتجة بعد تعرضها لمرحلة أخرى من التفكيك β -oxidation مع العلم أن AS يتفكك خلال بضعة أيام، ويمكن أن يتفكك 95% منه خلال يوم واحد في حال وجود AS مع النفط بنسبة 99%، ويمكن أن تصل المدة إلى ثلاثة أيام عندما يشكل AS 50% بوجود النفط، وأطول مدة يحتاج فيها للتفكيك هي 12 يوماً بتركيز 5% عندما يكون AS بشكل متفرع Branched AS (Salanitro & Diaz, 1995; Nuck & Federle, 1996; Battersby. *et al*, 2000; Hera, 2002; Gadler & Faber, 2007(a-b)).

إن المعلومات المتعلقة بتفكيك LABs قليلة مقارنة بباقي المواد الفعّالة سطحياً، وهو عامل مشترك في الكثير من المنظفات. وتبين أن أنواعاً مثل *Nocardia isolates* و *Nocardia amaras* وأنواعاً من *Pseudomonas* تستطيع تفكيكه حيوياً، وتخضع مركبات LABs لتفكيك حيوي في المياه الطبيعية (Li. *et al,* 2003)، وبيّن الباحث Johnson وزملاؤه (2001) في المختبر أن LABs يمكن أن يتفكك بشكل مقبول تحت شروط إرجاع النترات في الوسط.

وتبيّن أيضاً أن مركبات LASs تتفكك حيوياً في الأنهار بنسبة تتراوح بين 0.006 - 1.71 ملغ/ل في الساعة بوجود الأحياء المناسبة لعملية التفكيك، علماً أنها تسبب ما يشكل أكثر من 1% من BOD، والتفكيك اللاهوائي لها ضعيف وغير معروف الآلية، ووصلت أيضاً حتى 79% خلال 165 يوماً في الرواسب البحرية، إن تشكل مركبات Sulpho Phenyl Carboxylic acid (SPCs) ومركبات Di Alkyl Tetralin Sulphonates (DATS) في الماء أو الرواسب يدل على تفكيك LAS حيوياً (Swisher, 1987; Schoberl, 1989; Boeije. *et al*, 2000; Berna. *et al*, 2007; Garcia-Luque. *et al*, 2009; Merrettig-Bruns & Jelen, 2009; Lara-Martin. *et al*, 2010; Schleheck. *et al,* 2010)، وتتضمن عملية التفكيك الحيوي لمركبات LASs المراحل الآتية:

1- مرحلة الأكسدة أوميغا وبيتا ω-and β- oxidations التي تنتج في بعض الأحيان حموض السلفوفينيل كربوكسيليك مع سلسلة من 4 -5 ذرات كربون.

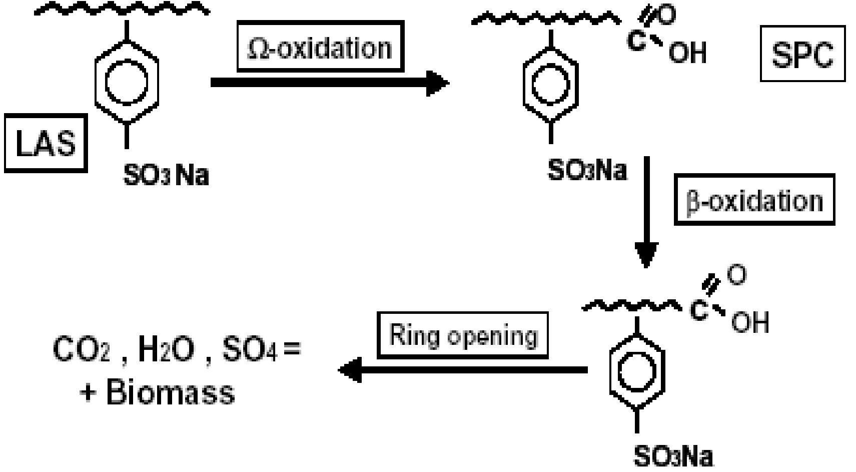
2- تفكيك الحلقة العطرية.

3- تفكيك مركبات LASs بأكسدتها للوصول إلى الناتج النهائي، ويصل تفكيك مركبات LASs في محطات معالجة الصرف الصحي حتى 99%.(Schoberl, 1989, 1994, 1997; Terzic. *et al*, 1992; Brunner. *et al*, 2000)

وجد Swisher وزملاؤه (1978) و Wickbold (1975) كلاً على حدة، أن مركبات LASs يمكن أن تتفكك حيوياً بشكل متتابع إذ يقل عدد ذرات الكربون في السلسلة الألكيلية المرتبطة بحلقة البنزن، كما هو موضح بالشكل 6، واعتبروا أن التفسير الواضح لهذه الظاهرة يعتمد على العمل الإنزيمي لتفكيك LASs بالاعتماد على الصيغة الجزيئية للمركبات العطرية.

وقارن Swisher (1978) بين الحالات التي تزداد فيها نسبة التفكيك الحيوي وبين زيادة بعد مجموعات السلفونات والنهاية البعيدة لسلسلة الألكيل مثلاً: تتفكك 2-Phenyl C_{12} LASs أسرع من مركبات 6-Phenyl C_{12} LASs أي أن الموقع 2 أسرع تفكيكاً من الموقع 6، وكذلك C_{13} LASs أسرع من C_{10} LASs إذ تسبب طول سلسلة الألكيل امتلاك كل مماكب صفات مختلفة تؤثر في التفكيك الحيوي.

وتوضح الأشكال(4 – 6) مخططات التفكيك الحيوي لمركبات LABs و LASs (Swisher,1987).



Biodegradation pathway of LAS

الشكل 4. المسلك الهوائي للتفكيك الحيوي لمركبات LASs

$CH_3 — CH(C_6H_5) — CH_2 — (CH_2)_8 — CH_3$

One LAB isomer (2-phenyl dodecane)

omega-oxidation ↓

$CH_3 — CH(C_6H_5) — CH_2 — (CH_2)_8 — C(OH) = O$

2-phenyl dodecanoic acid

beta-oxidation ↓

$CH_3 — CH(C_6H_5) — CH_2 — C(OH) = O$

2-phenyl butyric acid

ring oxidation and opening ↓

Biomass + CO_2 + H_2O

الشكل 5. مسلك التفكيك الحيوي لمركبات LABs

الشكل 6. مسلك التفكيك الحيوي للـــ LASs (C12-LASs-2)

أثبتت الدراسات أن التفكيك اللاهوائي للمواد الفعّالة سطحياً غير اقتصادي، خاصةً لتلــك المــواد التــي تستعمل في الوقت الحاضر، وتبيّن أن تفكيك LASs لاهوائياً بوساطة نوعين من الجــراثيم همـــا *Pantoea agglomerans* و *Serratia odorifera* 2 علـــى وســـطين minimal medium (M9) و nutrient broth (NB) و باستعمال LASs بصفته مصدراً وحيداً للكربون والطاقة، إذ كانت أفضل النتائج التي أمكن الحصول عليهـــا في تفكيك LASs هي 70% في وسط NB و36% فقط في وسط M9 في شروط الدراســـة المختلفـــة، وتتـــأثر عملية التفكيك بعوامل الوسط المختلفة (Khleifat, 2006; Merrettig-Bruns & Jelen, 2009).

أما في حالة المواد الفعّالة سطحياً التي تنتمي إلى Alkyl polyglucosides (APG) فالتفكيك الـــذي يطـــرأ عليها موضحاً بالشكل (7):

الشكل 7. المسالك المحتملة للتفكيك الحيوي لمركب APG.

وقد درس الباحث Sales وزملاؤه (1999) تأثير درجات الحرارة المختلفة على تفكيك LASs، ولاحظـــوا ازدياد نسبة التفكيك مع ارتفاع درجة الحرارة، كما هو موضح في الجدول 13.

الجدول 13. النسب المئوية لتفكيك LASs مع تغيّر درجة الحرارة.

درجة الحرارة	النسبة المئوية لتفكيك LASs خلال أيام التجربة								
	1 يوم	2	3	4	5	6	7	15	21
5	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	3.6	4.2
10	0.3	1.7	2.1	4.2	7.5	9.0	11.5	33.1	36.0
15	2.3	4.2	5.8	9.4	13.4	17.5	22.2	44.8	47.9
20	1.1	2.5	5.2	6.3	8.7	11.3	15.5	48.3	69.7
25	1.7	3.7	6.5	9.9	14.3	20.0	26.4	92.7	97.0

3.6.1.1- المواد الفعّالة سطحياً المتجزئة (المتقسمة، المتشققة) Cleavable Surfactants

ازداد الاهتمام في الآونة الأخيرة بالمواد الفعّالة سطحياً القابلة للتفكيك، وهي المواد التي تحتوي روابط تتفكك بطرائق يمكن التحكم فيها، وتتضمن الحلمهة الحمضية Acid hydrolysis و الحلمهة القلوية Alkaline hydrolysis والأشعة فوق البنفسجية UV irradiation والحرارة (Hellberg. *et al*, 2000).

إن الهدف الأساسي من تطوير تلك المواد هو تحسين التفكيك الحيوي بسبب التأثير البيئي، الذي يعدّ الأهم عند إنتاج المواد الفعّالة سطحياً بإنتاج مواد فعّالة بروابط ضعيفة مما يؤدي إلى تفكيك حيوي أسرع، وهذه المواد هي في الغالب من النوع المتذبذب Amphiphiles، وتسبب الروابط الضعيفة في المواد الفعّالة سطحياً مشكلات في ثباتية المركب، وهذا معروف في المواد الفعّالة سطحياً الأكثر استعمالاً SDSs، ويوجد العديد من المواد الفعّالة سطحياً التي تحتوي روابط حساسة لشروط معينة مثل درجة حموضة مرتفعة أو منخفضة، وتأثر المواد الفعّالة التي تحتوي إستر Ester مع fatty acid ethoxylates التي تعدّ المثال الأكثر شيوعاً بوجود pH قلوي، بينما المواد الفعّالة سطحياً التي تحتوي روابط غليكوزيدية فتسلك طريقاً معاكساً و تتفكك بوجود pH حمضي، وتبّين أنَّ المواد الفعّالة سطحياً التي تنتج من إستر الملح العضوي تكون بروابط أضعف، وأثبتت نتائج اختبارات متعدّدة أنها تتفكك حيوياً بنسبة تفوق 60% على الأقل خلال 28 يوماً مقارنةً بأنواع المواد الفعّالة سطحياً التي لا تحتوي روابط ضعيفة (Deleu & Paquot, 2004; Stjerndahl & Holmberg, 2005; Bagha & Holmberg, 2007).

يوجد العديد من المواد الفعّالة سطحياً التي تحتوي روابط إستيرية مثل: إيثوكسيلات الحموض الدسمة Fatty acid ethoxylates وإستيرات الغليسيرول glycerol esters وإستيرات الغليسيرول المتعدّدة polyglycerol esters وإستيرات السوربيتول sorbitol esters وإستيرات الحموض الكربوكسيلية carboxylic acid esters وإستيرات الحموض الفوسفورية phosphoric acid ester والمركبات الشبيهة بمركبات SDSs (Stjerndahl . *et al*, 2003; Stjerndahl & Holmberg, 2003; Lundberg & Holmberg , 2004).

ثانياً. مياه الصرف Waste Water

إن مياه الصرف هي المياه الناتجة عن الاستعمال في مختلف النشاطات المنزلية والخدمية والصناعية والزراعية والتي تكون محملة بالملوثات المتنوعة، إذ تلقى هذه المياه في الأحواض المائية دون معالجة، وبما

تحتويه من مواد عضوية وأخرى كيميائية وأنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة، إضافة إلى المعادن والمركبات الهيدروكربونية المتعدّدة، وعندما تصل إلى البيئة تؤثر في عناصرها المختلفة، ولاحقاً على الصحة العامة والنواحي الاقتصادية كافةً، وهذا يستدعي العمل على معالجتها لتخفيض التأثيرات السلبية الناجمة عنها (McGhee, 1991; Doan. *et al*, 2003).

1.2.1- تصنيف مياه الصرف:

تصنف هذه المياه حسب مصدرها إلى (Mullick, 1987):

- مياه الصرف الصحي Sewage (فضلات الإنسان والصرف المنزلي).
- مياه الأمطار Rain water.
- مياه الصرف الصناعي Industrial waste water.
- مياه الصرف الزراعي Agricultural waste water.
- المياه الناتجة عن تربية الحيوانات Zoo waste water.
- مياه الرشح Infiltration water.

وتصنف حسب خواصها الفيزيوكيميائية إلى:

i- مياه ذات محتوى مرتفع من المواد العضوية مثل: مياه الصرف المنزلية وبعض المياه الصناعية (المياه الناتجة عن الصناعات الغذائية).

ii- مياه ذات محتوى مرتفع من المواد اللاعضوية مثل: أغلب المياه الصناعية. (Mullick, 1987)

2.2.1- طرائق معالجة مياه الصرف:

تُتبع الطرائق التقليدية والحديثة في معالجة مياه الصرف، من أجل الحفاظ على سلامة الإنسان والبيئة، مع البحث عن الطريقة المثلى التي تقلل من تأثير هذه المشكلة، ومحاولة جعل مياه الصرف أقرب ما تكون للمواصفات المقبولة قبل وصولها للأحواض المائية المختلفة، وتؤدي هذه المعالجة لاحقاً إلى الاقتصاد في المجالات الصحية والسياحية مما ينعكس إيجاباً على الاقتصاد بشكل عام (Haigh. *et al*, 1991; Tchobanoglous. *et al*, 1996)، وأهم الطرائق المستعملة في معالجة مياه الصرف:

١- المعالجة الآلية Mechanical treatment: وتعتمد على تخليص المخلفات السائلة من المواد ذات الحجم الكبير باستعمال تقنيتي التصفية و الترسيب (Purification and Precipitation)، أما المواد العالقة المعدنية وخاصة الرمل فتحجز في أحواض حجز الرمل، في حين تحجز الزيوت والشحوم والنفط في مصيدة أو أحواض حجز الزيوت، وتعدّ المعالجة الآلية مرحلة تمهيدية وصولاً للمعالجة الحيوية (Haigh. *et al*. 1991).

٢- المعالجة الفيزيو كيميائية Phiysio-chemical treatment: ويتم إضافة بعض المـــواد الكيميائيـــة إلى المخلفات السائلة فتتفاعل هذه المواد مع المواد العالقة والغرويات المتواجدة في تلـــك الميـــاه وتؤدي لتخفيض تراكيز تلك المواد وغالباً ما تستعمل هذه الطريقة في المخلفات السائلة الصناعية وذلك بسبب احتوائها على الكثير من المواد العالقة والغرويات (Tunay, 2004).

٣- المعالجة الحيوية Biological treatment: وتعتمد على نشاط الأحياء الدقيقة التـــي تجـــد فـــي المخلفات السائلة غذاءً لها، وتعدّ الأقل تكلفةً نظراً لوجود الأحياء الدقيقة في مياه الصرف بشـــكل طبيعي، وتتم المعالجة طبيعياً بواسطة الترشيح Filtration عبر طبقـــات التربـــة أو اصـــطناعياً ضمن أحواض التهوية، أو المرشحات الحيوية، أو برك الأكسدة (Doan. *et al*, 2003).

وتعدّ المعالجة الاصطناعية أفضل لتوفيرها شروط النمو الملائمة لنشاط الأحياء الدقيقة وتكاثرها، والتحكم بشروط العمل، وعند اختيار الطريقة الأكثر ملائمةً من أجل نتـــائج معالجـــة أفضـــل لابـــد مـــن مراعـــاة :(Nowak. *et al*. 2004)

1- درجة المعالجة المطلوبة وكمية المياه اللازم معالجتها و نوعيتها.

2- مكان إنشاء محطة المعالجة، إذ تختلف طبيعة المكان حسب الطريقة المتبعة في المعالجة مع تقدير الكلفة الاقتصادية لها.

3- الطاقة المستهلكة من قبل محطة المعالجة، وفرص العمل التي توفرها.

4- أثرها في البيئة.

أما بالنسبة للأحياء الدقيقة الممرضة فيجري لها عملية تعقيم Sterilization، في حـــين تعتمـــد الطرائـــق الحديثة على التقانة الحيوية التي تستغل الصفات ذات التأثير الإيجابي فـــي عمليـــة المعالجـــة (Doan. *et al*, 2003).

ثالثاً. استعمال التقانات الحيوية في معالجة المواد الفعّالة سطحياً في المنظفات

1.7.3.1- مفهوم التقانات الحيوية ودورها Concept and role of biotechnology

تستفيد التقانات الحيوية من الظواهر الحيوية والعلوم المختلفة في إنتاج المواد بوساطة العناصر الحيويـــة من أجل خدمة الإنسان وتحسين حياته، وتعتمد على الكثير من العلـــوم المهمـــة مثـــل الكيميـــاء Chemistry والكيمياء الحيوية Biochemistry والأحياء الدقيقـــة وتطبيقاتهـــا Applied Microbiology والوراثـــة Genetic والرياضيات Mathematics والبيولوجية الجزيئيـــة والخلويـــة Molecular and Cell biology والفيزيولوجيـــا Physiology والهندسة الكيميائية Chemical Engineering وعلم المناعة Immunology وغيرها مـــن العلـــوم وتشمل تطبيقاتها الصحة والصيدلانيات والغذاء وزراعة النبات والحيوان والطاقة ومعالجة الملوثات وغيرهـــا من المجالات ذات التأثير المهّم في حياة الإنسان (Hackign, 1986; Moses. *et al*,1991; Smith, J. E, 1996).

وتعتمد التقانات الحيوية الحديثة على عملية النقل المورثي للمعلومات الوراثية على المستوى الجزيئي والخليوي والتي تمكّن من الحصول على كائنات معدّلة وراثياً قادرة على تأمين حاجات الإنسان المختلفة. وبدأت الأنماط الوراثية الجديدة المنتجة بوساطة تقنيات الهندسة الوراثية تدخل في البرامج الوراثية النباتية والحيوانية، مع اتباع تقانات حديثة في التخلص من المخلفات السائلة والصلبة، إذ تؤدي التقانات الحيوية دوراً مهماً في معالجة الملوثات المختلفة بشكل عام ومياه الصرف، خاصةً بالاعتماد على الأحياء الدقيقة المتواجدة في تلك المياه بشكل طبيعي، والتي تقوم بتفكيك بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف وتقلل بالتالي من تركيزها، إضافة لاستعمالها للعديد منها بصفتها مصادر للطاقة. (Alani & Young, 1986; Fransman, 1992; Smith, J. E, 1996; Dalborg & Lange. 1998; Steinbrecher, 1999; Song & Ward, 2003; Yan & Viraraghavan, 2003 ; ياسين، جرعا، 2005 ; ياسين، وزملاؤه، 2009(a,b))

وساهمت قدرة الأحياء الدقيقة الممثلة بتفكيكها للكثير من المركبات لاحتوائها الإنزيمات اللازمة في جعل التقانات الحيوية تؤمّن نقل تلك الصفات إلى أنواع أخرى، مما يساعد في التخلص من التلوث، وتعدّ التقانات الحيوية المختلفة التي تعتمد على استعمال الأحياء الدقيقة القادرة على تفكيك المخلفات الموجودة في مياه الصرف من أحدث الأساليب المستعملة في الوقت الحاضر (Deshpande & Dhakephalkar, 2001; ياسين، وزملاؤه، 2009(a-b)).

تهدف المعالجة الحيوية للمياه الملوثة إلى تخفيض تركيز المواد غير القابلة للترسيب إضافة إلى إزالة بعض المغذيات كالنتروجين والفوسفور وأحياناً إزالة بعض المواد التي قد تكون سامّة، وللأحياء الدقيقة دور في تحقيق ذلك بوجود الأوكسجين أو بغيابه (ياسين، جرعا، 2005 ;Doan, 2003).

2.7.3.1- الإصلاح الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً Bioremediation of Surfactants:

يحدث الإصلاح الحيوي بشكل طبيعي عندما تحلل الأحياء الملوثات وتحولها إلى مواد غير ضارة، وتحتاج هذه الأحياء إلى بعض المركبات لنموها، وأهم العوامل التي تسهّل الإصلاح الحيوي لتكون فعّالة مثل أنواع الأحياء وشروط الوسط وأنواع الملوثات التي تتكيف الأحياء عادة معها، ويمكن استعمال الأحياء الموجودة أصلاً في الوسط أوالمدخلة إليه (EPA ,1996; Janosh, 2007).

إن الإصلاح الحيوي تقانة ذات فعالية عالية لتفكيك المواد الفعّالة سطحياً الموجودة في البيئة، إذ تستطيع مجموعات من الأحياء الدقيقة تفكيكها حيوياً حتى تراكيز معينة، وتكون فعّالة عندما تعتمد على سلالات تستهلك الملوثات، وخواص الأحياء الدقيقة تحدد مدى نجاح الإصلاح الحيوي، وإن العديد من المركبات الهيدروكربونية يجري تفكيكها هوائياً بوساطة العديد من الأنواع الجرثومية مثل الجراثيم المرجعة للكبريت والنتروجين والحديد (Boonchan, 1998).

استعمل الإصلاح الحيوي بشكل اقتصادي في معالجة مواقع التلوث بالمخلفات العضوية، واستعمل العديد من المواد الفعّالة سطحياً للتخلص من ملوثات هيدروكربونية موجودة في المصادر المائية المختلفة وفي

التربة (Alexander, 1999; Harwell. *et al*,1999; Zheng and Obbard, 2000; Fang. *et al*, 2001; Kim. et al, 2001; Zhu & Chiou, 2002; Zhao. *et al*, 2005).

أجري العديد من التجارب باستعمال النباتات من أجل التخلص من المواد الفعّالة سطحياً التي تصل للتربة و لوحظ أن النباتات المزروعة في تربة سمّدت بحمأة صرف منزلي تحتوي LAS، أن تلك النباتات ساهمت في تخليص التربة من LAS بنسبة تراوحت بين 20– 60% من تركيزه الأصلي وهذا يشجع على استعمال بعض الأنواع النباتية مثل الشوفان والجزر في المعالجة الحيوية للتخلص من المواد الفعّالة سطحياً عندما يكون عمل الأحياء الدقيقة ضعيف (Gron. *et al*, 2001. Filipkowska, 2003).

1.2.7.3.1– استعمال النظم الحيوية في تفكيك المواد الفعّالة سطحياً

Using Biosystems for surfactants degredation

1.1.2.7.3.1– الفطريات Fungi

استعمل الكثير من أنواع الفطريات والخمائر في تفكيك المواد الفعّالة سطحياً ولاسيما LASs، إذ استعمل الباحث Nomura وزملاؤه (1998) النوع *Trichosporon cutaneum* بتثبيته على هلام ألجينات الكلسيوم Calcium alginate gel، وتبين حدوث تخفيض لمركبات LASs في مياه الصرف المعالجة بنسبة جيدة.

وبيّن الباحثان Stjerndahl و Holmberg (2005) أنه باستعمال نوعين من الفطريات *Mucor miehei* و*Candida antarctica* B يتم تفكيك بعض المواد الفعّالة سطحياً (تحتوي روابط من نوع الكربونات CO_3 Carbonate bonds وأخرى من نوع استر الملح العضوي Ester bonds وروابط الأميد Amide bonds)، أن المواد الفعّالة سطحياً التي يجري إنتاجها وتحتوي روابط الإستر هي الأفضل للتفكيك حيوياً إذ وصلت نسبة التفكيك إلى 60%.

واستعمل الباحث Hadibarata (2009) النوع الفطري *Polyporus* sp.S133 الذي فكك مادة Tween 80 بنسبة 76% إضافة إلى قدرته على تفكيك مادة بينزو إي بيرين Benzo[a]pyrene بنسبة جيدة.

2.1.2.7.3.1– الطحالب Algae

استعملت العديد من الطحالب في معالجة المواد الفعّالة سطحياً الموجودة في المياه، ففي تجربة للباحث Roth وزملاؤه (1989) استعمل فيها مجموعة من الطحالب، وبوجود أشعة الشمس مدة 9 أسابيع، لتفكيك مواد فعّالة سطحياً موجودة في مياه طبيعية إذ تفكك 60% منها خلال 6 أسابيع.

لاحظ الباحث Yan وزملاؤه (2002) أن طحلب *Chlorella protothecoides* فكك الأنثراثين Anthracene بنسبة 29%، وارتفعت هذه النسبة مع تحسين شروط النمو إلى 33.53 – 80%، كما بيّن Zhou و Ma (2006) قدرة الطحلب الأحمر *Porphyra yezoensis* على تفكيك المواد الفعّالة سطحياً بتراكيز تراوحت بين 0.5 - 2 غ/ ل بنسب تفكيك جيدة، وبيّن الباحث Yan وزملاؤه (1998) قدرة السلالة *Anabaena sp.* HB 1017 على تفكيك LASs، وإمكان نموّها بوجوده بصفته مصدراً للكربون والطاقة.

واستطاع الباحث Broughton وزملاؤه (1998) إثبات قدرة مجمعات الطحالب في بحيرة دوغلاس Douglass في الولايات المتحدة الأمريكية على تفكيك مواد التنظيف، التي تصل إلى المياه وخاصة المواد الفعّالة سطحياً الشرجبية.

3.1.2.7.3.1 – الجراثيم Bacteria

استعمل العديد من الأنواع الجرثومية لتفكيك المواد الفعّالة سطحياً لفعاليتها في هذا المجال، إذ استعمل الباحث Cloves وزملاؤه (1980) النوع الجرثومي *Pseudomonas* sp C12B الذي يمتلك القدرة على تفكيك مركب SDSs والنمو بوجودها بسبب احتوائه إنزيمات Alkyl sulphatases، ولهذه الإنزيمات نوعان في هذه الجراثيم هما P1 وP2 إذ يفكك الأول الرابطة بين O-S، ويفكك الثاني الرابطة بين C-O. إن هذا الإنزيم موجود أيضاً في الأنواع *Pseudomonas aeruginosa* و*Aerobacter aerogenes* و *Camamonas terrigena*، أما النوع *Pseudomonas putida* فيحتوي 6 أنواع من هذا الإنزيم هي FP1,FP2,FP3,FS1,FS2,FS3، ولهذه الإنزيمات دور فعّال في تفكيك SDSs، وتبيّن في دراسات أخرى أن *Pseudomonas beteli* و*Acinetobacter johnsoni* المعزولة من حمأة منشطة تفكك SDSs بنسبة عالية جداً خلال 10 أيام بلغت 97.2% و96.4 % على التوالي (Hosseini. *et al*. 2007; Jovcic, *et al*, 2009).

واستعمل الباحث Schleheck (2003) سلالة جرثومية $DS\text{-}1^T$ وتسمى *Parvibaculum lavamentivorans*^{T} لقدرتها على القيام بتفاعل ω-Oxygenation و β- oxidations في مركبات LASs، وتفكك هذه السلالة LASs حتى 98%، بالإضافة إلى العديد من المواد الفعّالة سطحياً الشاردية وغير الشاردية، وتنمو أيضاً بوجود الأسيتات Acetate والأوكتان Octane، وتفكك أيضاً ثنائي سلفات ألكيل دي فينيل إيتر الخطية Linear Alkyl diPhenyl Ether di Sulphonate (LADPEDS)، وهي مادة فعّالة سطحياً تستعملها من أجل نموها وتشكيل مركب كربوكسيلات دي سلفو دي فينيل إيتر Di Sulpho di Phenyl Ether Carboxylates ($DSDPEC_S$) لكن هذا المركب لا يتفكك عند وجوده في الحمأة إذا كانت الجراثيم تحتاجه مصدراً كربونياً لأنه لا يعدّ كذلك، وإنما يتفكك عند حاجة الجراثيم إلى مصدر كبريتي كما هو الحال في النوع الجرثومي *Rhodococcus opacus* Iso-5 (Dong. et al, 2003; Schleheck. *et al*, 2003, (2007)).

تصل مياه الصرف الصحي في تونس (العاصمة) إلى مئة ألف متر مكعب سنوياً، تحتوي 1غ/ل مواد فعّالة سطحياً، وهي نسبة مرتفعة لأن النسبة المسموح بها يجب ألا تتجاوز 5 ملغ/ل، مما استدعى قيام الباحثين بالعمل على معالجة هذه المياه لتخفيض نسبة تلك المواد، لذلك عزلت أحياء دقيقة تساعد على تحسين المعالجة، ولاسيّما معالجة المواد الفعّالة سطحياً الشاردية باستعمال الجراثيم المفككة لسلفات دوديسيل الصوديوم وهي سلالة من النوع *Citrobacter braakii* التي تستطيع تفكيك العديد من المواد الفعّالة سطحياً الشاردية، كما تستطيع تفكيك باستمرار تراكيز عالية من SDSs، وتفكك 0.065 غ/ل في الساعة، ويمكن أن تصل حتى 0.15 غ/ل في الساعة، ووصلت نسبة التفكيك إلى 23.5% خلال 24 ساعة (Dhouib. *et al*, 2003; Farzaneh. *et al*, 2010).

ويوجد الكثير من الجراثيم القادرة على تفكيك المواد الفعّالة سطحياً خاصة LAS وSDS، مثل كثير من الأنواع التي تنتمي لأجناس *Escherichia* و *Salmonella* و *Pseudomonas* و *Staphylococcus* والتي تستطيع تفكيك تلك المركبات بنسب جيدة وفق الشروط المختلفة. وقد أثبتت الكثير من الدراسات ذلك (Janosh, 2007 ; Chaturvedi & Kumar, 2010 ; Gadler & Faber, 2007(a-b)). فأنواع *Salmonella enteritidis* و*Salmonella typhimurium*، و*Escherichia coli* و*Pseudomonas sp* و *Pseudomonas aeruginosa*) التي تنتمي إلى مجموعة الجراثيم السالبة بصبغة غرام و *Staphylococcus epidermidis* التي تنتمي إلى مجموعة الجراثيم الموجبة بصبغة غرام، قد استعملت في الدراسة الحالية وأثبتت فعاليتها (ياسين، وزملاؤه، 2009(a,b))، إذ يعدّ النوع *Escherichia coli* أكثر الجراثيم دراسة، وينتمي إلى العصيّات اللاهوائية الاختيارية السالبة بصبغة غرام Gram-negative facultatively anaerobic rods، من فصيلة الأمعائيات Enterobacteriaceae. الجنس *Escherichia* وهو عصيّات مستقيمة متحركة أو غير متحركة، تعيش في أمعاء الإنسان ويمكن عزلها من البراز. يخمر الغلوكوز واللاكتوز مع إنتاج حموض وغازات لا يفكك الهلام (الجيلاتين) ولا يفكك البولة، لكن يمكن أن يحل الدم ويلاحظ على وسط EMB مع لمعة يودية، درجات الحرارة الملائمة هي 37 درجة مئوية، وهو حساس لدرجات الحرارة العالية، ويسبب هذا النوع التهابات بولية وتناسلية وهضمية وكذلك التهاب السحايا، ويتميز بوجود البنسليناز، مما يجعله مقاوماً للبنسلين فلا يمكن استعماله علاجاً (Holt, J.G. & Krieg,N.R.S.1994).

ينتمي الجنس *Salmonella* إلى فصيلة الأمعائيات، ويتميز بأن جميع أنواعه ممرضة، وهي عصيات متحركة غالباً بسياط محيطية، تستطيع النمو في الأوساط المغذية دون الحاجة إلى إضافة أي مادة خاصة، ويتميز باستعماله السترات مصدراً كربونياً، وعند تخميرها للسكريات، ما عدا سكري اللاكتوز والسكروز، فإنها تشكل حموضاً وبشكل نادر غازات، ذات نمو جيد في أوساط الزرع، تتأثر بالحرارة والمطهرات، مقاومة للبرودة وبعض المواد الكيميائية، وهذه الخواص تسمح بعزلها ويمكن استعمال الأملاح الصفراوية لعزلها لأنها تثبط عمل الأنواع الجرثومية الأخرى باستثناء *Salmonella*.

يسبب النوع *Salmonella typhimurium* حالات تسمم حادة، وينتقل بوساطة الأغذية الملوثة خصوصاً الحليب ومشتقاته والكريما والمايونيز واللحم، ويفرز ذيفاناً يؤدي إلى تخريش الأمعاء وارتفاع الحرارة وإسهالات وإقياءات حادة تستمر 2 - 5 أيام ثم تزول بعد ذلك دون آثار أخرى.

أما النوعان *Pseudomonas aeruginosa* و *Pseudomonas sp* فينتميان إلى جنس *Pseudomonas* (فصيلة Pseudomonadaceae)، وهو من مجموعة الجراثيم السالبة بصبغة غرام، متحركة بسوط قطبي واحد أو أكثر، يمكن تمييز معظم الأنواع عند هذا الجنس بسبب نموها على وسط K B medium بسبب قدرتها على إنتاج أصبغة الفلوريسين Fluorescent pigments بوجود الحديد.

إن العديد من الأنواع التابعة لهذا الجنس تحتوي مجموعات إنزيمية مميزة، إضافة إلى وجود البلاسميدات عند معظم تلك الأنواع مما يسمح بتطبيقها في مختلف المجالات (Ensley,B.D.1994).

إن أهم أنواعه: *Pseudomonas putida* ،*Pseudomonas aeruginosa* ،*Pseudomonas fluorescens* (Holt, J.G. & Krieg,N.R.S.1994).

ينتشر النوع *Pseudomonas aeruginosa* بشكل كبير في البيئة، ينتج البيوسيانين ومواد حيوية فعّالة سطحياً تدعى rhamnolipids، يتحرك بسوط قطبي وحيد، يخمر الغلوكوز ولا يخمر المالتوز، موجب اختبار الكاتالاز وسالب اختبار الإندول، يقاوم العديد من الصادات الحيوية مما يجعل معالجة الإصابة به صعبة جداً، ينمو في درجة الحرارة 42 مئوية، ولا ينمو في درجة 4 مئوية يحتوي مجموعة واسعة من الإنزيمات مما يسمح له بتفكيك العديد من الملوثات في البيئة (Holt, J.G. & Krieg,N.R.S.1994).

أما النوع *Staphylococcus epidermidis* فهو ينتمي إلى المكورات الإيجابية بصبغة غرام Gram-positive coccoi (فصيلة Micrococcaceae) جميع الأنواع التابعة لها كيميائية التغذية العضوية، وبعض الأنواع ممرض مثل *Staphylococcus aureus*، وبعضها الآخر غير ممرض مثل النوع المدروس حالياً *Staphylococcus epidermidis* (Holt, J.G & Krieg,N.R.S.1994).

إن معظم الأنواع الجرثومية المستعملة في الدراسة الحالية ممرضة، إلا أن ذلك لا يمنع من الاستفادة منها في تفكيك المواد الفعّالة سطحياً الموجودة في مياه الصرف.

4.1.2.7.3.1- استعمال المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً Using Biosurfactants.

تنتج الأحياء الدقيقة مجموعة واسعة من المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً Biosurfactants التي تعمل على خفض التوتر السطحي، ومن أهمها الغليكوليبيدات Glycolipids، والفوسفوليبيدات Phospholipids والحموض الدسمة Fatty acids ، البروتينات Proteins، والرامنوليبيد Rhamnolipid، ويتراوح الوزن الجزيئي لها بين 500 - 1500 دالتون، وتمتلك مجموعة واسعة من التطبيقات في الكثير من الصناعات، وفي التحكم في التلوث مثل حالات التلوث النفطي، وفي تفكيك المركبات الهيدروكربونية في المياه والتربة، وتفكيك أنواع محددة من المبيدات، وتتميز بمجموعة مهمة من الصفات(Banat. *et al*, 2000)، مثل:

١- ذات فعالية عالية.
٢- ذات قدرة على الترطيب.
٣- قابلة للانتشار.
٤- تمتلك الفعلين الأليفين للماء وللزيوت.
٥- لا تنمو الجراثيم بوجودها لأنها صادة لها.
٦- تنتج حيوياً وبشكل اقتصادي.

وأهم التطبيقات الحالية لهذه المركبات هو الاستعمال في تمثل وتفكيك مركبات كيميائية مختلفة، وتخليص التربة من العديد من الملوثات التي تصل إليها ولاسيّما المشتقات النفطية، وتعدّل من قطبية السطح الخارجي للخلايا الدقيقة مما يزيد من نفوذية أغشية الخلايا (Tan, 2000; Balba, *et al*, 2002; Wouter & Dick, 2002; Urum, *et al*, 2003; Kaczorek. *et al*, 2007;).

بدأ إنتاج هذه المركبات في الولايات المتحدة الأمريكية والعالم في العام 1989، وبلغ الإنتاج فيها 3.4×10^9 كغ، في حين بلغ في العالم 7×10^9 كغ (Gerson, 1993).

ويبيّن الجدول 14 بعض تطبيقاتها الصناعية، ويمتاز عدد من المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً بخواص الصادات الحيوية مما سمح باستعمالها في العديد من التطبيقات الزراعية، وقد بيّنت الدراسات تأثير تلك المواد في الفطريات الممرضة لأنواع مختلفة من النباتات، ووجد أن مادة Rhamnolipid B قادرة على منع إنتاش أبواغ الفطريات مثل *Phytophthora capsici* و *Colletotrichum prbiculare* (Kosaric, 2001).

الجدول 14. بعض التطبيقات الصناعية للمواد الحيوية الفعّالة سطحياً.

مجال التطبيق	تأثير المواد الحيوية الفعّالة سطحياً
الأغذية والمشروبات.	التنظيف، تفكيك بقايا المبيدات والأسمدة.
صناعات التنظيف.	المنظفات، الترطيب، التنظيف الجاف والغسيل.
الجلود.	التنظيف.
الأصبغة والدهانات.	التحكم في الترطيب.
الورق.	معالجة عجينة الورق وترطيبها وصبغها.

تعدّ المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً أقل سميّة، وذات تأثير جيد في البيئة مقارنة بالمركبات الكيميائية الفعّالة سطحياً خاصةً في التطبيقات الصناعية، ودورها الصاد لبعض الأنواع الجرثومية، وقد طوّرت هذه المواد لتستعمل بصفتها صادات للأحياء الدقيقة الممرضة، ولها فوائد عديدة مثل قابليتها على التفكيك الحيوي، وتخفيض السميّة، وتطبيقاتها في المواد التجميلية والصيدلانية، وتحضير الأطعمة، وقدرتها على استعمال الكثير من مصادر الكربون كالهيدروكربونات والليبيدات وغيرها، وإنتاجها، أيضاً، بشكل اقتصادي مقبول، وتستعمل في الإصلاح الحيوي للتربة الملوثة، إذ تبدو مجموعة معقدة ولكن لها دور محدد، وتتأثر بدرجة الحرارة ودرجة الحموضة (Kosaric, 2001; Zhang. *et al,* 2005; Van Hamme. *et al*, 2006; Singh. *et al,* 2007).

ويبيّن الجدول 15 أهم أنواع المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً والأحياء التي تنتجها (Lang & Wagner,1993; Van Hamme. *et al*, 2006).

الجدول 15. أهم أنواع المواد الحيوية الفعّالة سطحياً والأحياء التي تنتجها

النوع من الأحياء الدقيقة	نوع المادة الحيوية الفعّالة سطحياً
Candida lipolytica	Liposan (mostly carbohydrate)
Torulopsis bombicola	Glycolipid (sophorose lipid)

Lipoprotein	*Bacillus licheniformis*
Lipoprotein (surfactin)	*Bacillus subtilis*
Sucrose and fructose glycolipids	*Arthrobacter parafineus,*
Glycolipid	*Arthrobacter*
Glycolipid (rhamnose lipid)	*Pseudomonas flurescens* *Pseudomonas aeruginosa,* *Pseudomonas sp. DMS 2847* *Pseudmonas sp. MUB* *Serratia rubidea*
Glycolipid and/or protein	*Torulopsis petrophilum*
Polysaccharide-fatty acid complex	*Candida tropicalis*
Corynomycolic acids	*Corynebacterium lepus*
Fatty acids, mono-and diglycerides	*Acinetobacter sp HO1-N*
Whole cells (lipopeptide)	*Acinetobacter calcoaceticus 2CAC*
Peptidolipid	*Candida petrophilum*
Neutral lipids	*Nocardia erythropolis* *Corynebacterium salvonicum SFC*
Trehalose dimycolates	*Rhodococcus eryithropolis*
Polysaccharide-protein complex	*Corynebacterium hydrocarboclasstus*
Surfactin	*Bacillus subtilis* *Bacillus pumilus*
Polymixins	*Bacillus polymyxa*
Flavolipids	*Flavobacterium sp*
Lipopeptides	*Bacillus subtilis* *Bacillis pumilis* *Bacillus licheniformis* *Pseudomona syringae,* *Pseudomonas fluorescens* *Arthrobacter sp.*
Rhamnolipids	*Pseudomonas aeruginosa*
Serrawettin	*Serretia marcescens*
Fatty acids	*Nocardia erythropolis* *Corynebacterium lepus* *Penicillium spiculisporum* *Talaromyces trachyspermus*
Sulphated polysaccharide	*Halomonas eurihalina*

استُعملت الرامنولبيدات rhamnolipids منذ عام 1950 في عملية التفكيك الحيوي في التربة، إذ تنتجها جراثيم النوع *Pseudomonas aeruginosa* باستعمال سكر الرامنوز rhamnose مع حمض beta decahydoxy decanoic acid ويحدث الأمر ذاته في النباتات (Hargreaves & Hargreaves, 2003).

وصف الباحث Benincasa وزملاؤه (2004) ستة أنواع من الرامنولبيدات المتشابهة rhamnolipid homologues عند *Pseudomonas.*sp تنمو على مخلفات صناعة الصابون والمخلفات الناتجة عن صناعة الزيوت النباتية، بينما كان Haba وزملاؤه (2003) قد وصفوا 11 نوعاً من الرامنولبيدات المتشابهة عند *Pseudomonas aeruginosa*، وعزل Pedras وزملاؤه (2003) نوعين منها أيضاً عند *Pseudomonas fluorescens*، وكان Roongsawang وزملاؤه (2002) قد اكتشفوا أنواعاً أخرى منها مختلفة عند *Bacillus subtilis* مثل: Lipopeptides bacillocyin، وPlipstatin، وSurfactin ، وقبل ذلك وصف Richter, M

وزملاؤه في العام 1998 فصيلة جديدة من المواد الحيوية الببتيدية الفعّالة سطحياً Peptide biosurfactants تدعى Streptofactin أمكن عزلها من Streptomyces tendae Tu 901/8c.

تبيّن عند دراسة السلالة *Ps.aeruginosa* PA1 أنها تستعمل مصادر مختلفة من الكربون لإنتاج هذه المادة الحيوية الفعّالة سطحياً، وتبيّن أن الغليسيرول أفضل المصادر الكربونية، إضافة إلى تخفيضها للتوتر السطحي بشكل جيد، كما هو موضح في الجدول 16، ولوحظ أيضاً أنها أكثر فعالية سطحياً من سلفونات الألكيل بنزن بتسع مرات (Shreve. *et al*, 1995; Santa Anna. *et al*, 2002; Wouter & Dick, 2002; Beatty , *et al.* 2005; Klebensberger. *et al*, 2007; Husain, 2008).

الجدول 16. كمية Rhamnose التي تنتجها *Ps.aeruginosa* PA1 بحسب المصدر الكربوني.

مصدر الكربون	كمية Rhamnose ملغ/ل	التوتر السطحي البدائي D/cm	التوتر السطحي النهائي D/cm	النسبة المئوية المخفضة من التوتر السطحي %
n-hexacane	130	53.9	28.35	47.4
Paraffinicoil	260	54.0	51.6	4.4
Babassnoil	200	40.0	27.6	31
Glycerol	690	53.0	27.46	48.2

إن لمركبات rhamnolipids تأثيرات سلبية مثلها مثل أي مادة فعّالة سطحياً، وقد درس Lang و Wagner (1993) تأثيره السام في الدافينيا *Daphnia magna*، ولم يلاحظ تأثيراً ساماً عند تركيز 200 ppm، ولكن بتراكيز أقل من 13.8 ppm كان ساماً على *Daphnia similis*، ولكن المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً ذات تأثيرات أقل سلبية في البيئة من مثيلاتها الكيميائية بشكل عام (Bodour & Miller-Maie, 2002).

وتنتج *Rodococcus erythropolison* مادة Trehalo lipid وتستطيع هذه الجراثيم تفكيك مادة Phenanthrene حيوياً، وأثبت الباحث Chang وزملاؤه (2004) قدرة هذه المادة على القيام بذلك بالاعتماد على قيم التوتر السطحي إذ إن معدل تركيز المسيلات الناتجة عن مجموعة Trehalo lipids التي قيست كانت 16 مغ/ل تقريباً من مجموع الكربون العضوي الكلي، وإن إضافة كمية من هذه المادة الحيوية الفعّالة سطحياً (32.2 مغ/كغ من التربة) إلى النظام الحيوي للتربة يزيد أيضاً من النسبة ومن فعالية التفكك الحيوي للمركبات الكربوهدراتية العطرية متعدّدة الحلقة الموجودة فيها، وطبقت هذه التجربة أيضاً على المياه، وتبين بالتجربة أنها جيدة الامتصاص للمواد العضوية.

صُمّمت العديد من محطات معالجة مياه الصرف لاستعمال المفاعلات الحيوية الحاوية الخلايا المثبتة، لأن التثبيت باستعمال أوساط الأحياء الدقيقة أثبت فوائده في معالجة مياه الصرف بسبب التفكيك العالي والجيد، وتتجلى الفوائد بسهولة التحضير وقلة التكاليف، وقد استعمل العديد من الباحثين هذه الطريقة بسبب فعاليتها مثل Roig وزملاؤه (1998) و Thomas و White (1991) باستعمال *Pseudomonas* C12B في الحالة المثبتة بصفتها عاملاً فعّالاً حيوياً في العديد من الحالات لمعرفة حركة المركبات والشوارد باستعمال بولي أكريل أميد Polyacryl amide، وهذه الجراثيم قادرة على استقلاب مادة SDSs بصفتها مصدراً للكربون

والطاقة، وبينت التجربة أن 70 – 80% من مادة SDSs استقلبت من الكمية الكلية الموجودة في سائل التنظيف والشامبو (Jerabkova. *et al*, 1997, 1999).

بيّن Santa Anna وزملاؤه (2002) أن المركبات الحيوية الفعّالة سطحياً تستعمل المواد والعناصر المسببة للتلوث من البيئة واستعملوا لذلك *Pseudomonas aeruginosa* SB30 التي تنتج مواد حيوية فعّالة سطحياً تفيد في تفكيك النفط الذي تسرب في أثناء سحبه من بئر (Exxon Valdez) في ألاسكا، وبيّنت الدراسة أن محلولاً بتركيز 1% من المواد الحيوية الفعّالة سطحياً كان كافياً لتفكيك كمية كبيرة من النفط في الدرجة بين 80°C-10°C، وتتميز هذه المواد من الناحية التجارية بكلفتها المنخفضة مما يجعلها أكثر اقتصادية.

تعود قدرة الأحياء الدقيقة على تفكيك المواد الفعّالة سطحياً إلى وجود مجموعات إنزيمية فعّالة لديها، كما أثبت Marchesi وزملاؤه (1994) عدم تأثير SDSs في خمس سلالات من *Pseudomonas* المعزولة من الرواسب السطحية لنهر، باختيار 3 من تلك السلالات لقدرتها على تفكيك SDSs بسبب احتوائها المجموعة الإنزيمية alkylsulphatase فأضاف SDSs مع الرواسب النهرية مع سلالات الجراثيم السابقة كلاً على حدة، ولوحظ عدم تأثر تلك السلالات بوجود SDSs، وإنّما عملت على تفكيكه لامتلاكها تلك الإنزيمات، أما السلالتين الباقيتين فتمتلكان إنزيمات مشابهة للمجموعة السابقة، ويدل التفكيك الأولي لمركبات SDSs على ظهور مركب dodecan-1-OL خلال ساعتين من بدء عملية التفكيك.

اختبرت عدة أنواع من المواد الفعّالة سطحياً (الحاوية روابط إستر) بإضافة إنزيمي اللبياز المعزولين عن نوعين من الفطريات[Candida antarctica lipase B (CALB) و Mucor miehei lipase (MML)]، لمعرفة نسبة التفكيك الحيوي التي تتعرض له تلك المواد الفعّالة سطحياً، وبلغت نسبة التفكيك 60% خلال 28 يوماً ما عدا مادة واحدة فعّالة سطحياً إذ بلغت النسبة 31% فقط بعد 28 يوماً، بدرجة حرارة 20 مئوية (Stjerndahl. *et al*, 2003; Stjerndahl & Holmberg, 2003).

3.7.3.1– استعمال التقانة الحيوية في معالجة المواد الفعّالة سطحياً
Using biotechnology for surfactants biodegradation

1.3.7.3.1– استعمال الأحياء المعدّلة وراثياً Using the modified organisms

تفيد النباتات في تسريع التفكيك الحيوي للمنظفات في البيئة، وحدث تطور ملحوظ في هذا المجال قام بــه عدد من الباحثين باستعمال نباتات معدّلة وراثياً، يؤدي استعمال النباتات حتى الآن إلى تفكيكها إلى مركبــات أقل خطراً، ونظراً إلى كون معظم ملوثات التربة ذات خواص غير أليفة للماء فإن النباتات لا تمتصها، إلــى ذلك فإن معظم الطرائق المستعملة في تفكيك الملوثات العضوية، يتضمن عمليات في التربة تزيــد انحلاليــة المركبات غير الأليفة للماء بإضافة سوائل تنظيف أو عناصر أكثر فعاليــة مثــل المــواد الفعّالــة ســطحياً،

الموجودة في تركيب المنظف، وهذا ما قام به عدد من الباحثين في جامعة ميشيغان، لكن هذه الطريقة تؤثر في التربة لأن المركبات الكيميائية ذات تأثير سام في الجراثيم، وقد سمح تطبيق النباتات المعدّلة وراثياً التي تأتي مع عوامل التنظيف الخاصة بها (مورثات حاملة لهذه الخواص) وتسبب تفكيك تلك المركبات في التربة دون حدوث أي أذى فيها، خاصة حول جذور النباتات ومخاطرها إذ تكون أقل من التفكيك العادي لأن ما ينتج لا يدخل في تركيب النبات (Hemminger, 2005).

بيّن الباحث Akatsuka وزملاؤه (1995) وجود ثلاث مورثات هي (lipB, lipC, lipD) عند جراثيم *Serratia marcescens* و *E.coli* ولها شبيهات عند *Erwinia chrysanthemi* هي المورثات (prtDEC, prtEEC, prtFEC) وكانت نسبة التطابق (42% - 46% - 55%) على الترتيب، وتبيّن أن هذه المورثات تتحكم في إنزيمات قادرة على تفكيك الليبيدات مما يسمح باستعمالها في تفكيك المنظفات.

تستطيع الجراثيم تفكيك المركبات التي تحتوي الكبريت بصفتها مصدراً كبريتياً لازماً لنموّها، وفي حال غياب المصدر الكبريتي المتمثل بالكبريت اللاعضوي أو السيستئين أو الثيوسيانات، فإن أنواعاً محددة تستقلب بروتينات معينة، أما في حال غياب المصدر الكبريتي المباشر. فتأخذ هذا العنصر من الأملاح العضوية الكبريتية ($C-O-SO_3H$) والمركبات الحاوية السلفونات ($C-SO_3H$) والموجودة في الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي، وتعدّ S-313 *Pseudomonas putida*، و *Escherichia coli* المعزولة من تلك المياه أنواعاً قادرة على استقلاب المركبات العضوية الكبريتية الأليفاتية Aliphatic والحلقية Aromatic لاحتوائها الإنزيمات الخاصة بذلك، ومن أهمها ABC-type التي تمثل السلفونات الأليفاتية Aliphatic sulphonates (SsuABC) و FMNH$_2$- desulphonative monooxygenase SsuD و NADPH:FMN reductase SsuE (Rabus. *et al*, 1996; Cook. *et al*, 1999)، وتنمو هذه الجراثيم بوجود المركبات الكبريتية المختلفة مثل هيكسيل سولفات Heyxylsulphate (HS) و SDSs، ويحتاج استقلاب هذه المركبات إلى وجود إنزيم a-Ketoglutarate dependent dioxygenase AtsK، وتستطيع *Ps. aeruginosa* PAO أن تفكك الأملاح العضوية الكبريتية الأليفاتية والحلقية باستعمال إنزيم Arylsulphatase AtsA.

إن عملية نزع الكبريت desulphonation موجودة عند العديد من الأحياء بسبب إمتلاكها الإنزيميات القادرة على ذلك، وتتوافر هذه الإنزيمات عند الجراثيم الهوائية بشكل عام، ويحتاج العديد من الأحياء الدقيقة المختلفة (الهوائية واللاهوائية) متضمنة الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria السلفونات مصدراً للكبريت، ولوحظ استعمال سلفونات الميتان مصدراً للكربون والطاقة عند الجراثيم الهوائية فقط، كما أثبت أن *Pseudomonas aeruginosa* تستطيع تفكيك سلفونات الميتان لاحتوائها الإنزيمات القادرة على ذلك، ولوحظ ذلك أيضاً عند *Bacillus subtilis* أن إنزيم sulphonate mono-oxygenases الموجود عند كلا النوعين، والذي يسمح بتمثيل الكبريت من السلفونات وأيضاً من سلفونات الميتان (Odom, 1993; Cook. *et al*, 1999; (Van der Ploeg. *et al*, 1998, 2001; Reichenbecher & Colin Murrell, 2000; Bykowski. *et al*, 2002.

2.3.7.3.1– استعمال الإنزيمات Using enzymes

تؤدي الإنزيمات دوراً مهماً في عملية معالجة المنظفات التي تصل إلى مياه الصرف، وتعدّ ذات التأثير في الليبيدات أهمها، ويتأثر نشاطها بعوامل عديدة، مثل: تركيز الإنزيم، تركيز الركازة ونوعيتها، درجة الحرارة، pH، الإشعاع، الضغط الجويّ، الرطوبة، المثبطات والمحفّزات، ومن الممكن حالياً استعمال الإنزيمات المستوقفة (المثبّتة) Immobilized enzymes في صناعة المنظفات، وفي مجالات تتعلق بالبيئة بصفتها إحدى أهم التقانات الحيوية المطبقة في تحسينها، خاصة في مجال معالجة مياه الصرف، وتعود أهمية الإنزيمات المثبتة بسبب كفاءتها العالية ومزاياها الاقتصادية واستعمالها المتكرر، إذ استعملت في العديد من المجالات الصناعية وخاصة صناعة المنظفات، وأثبتت فعالية كبيرة في المجال البيئي ومساهمتها بالتخلص من الكثير من الملوثات (Trevan, 1980; AL-Delamiy, 2002).

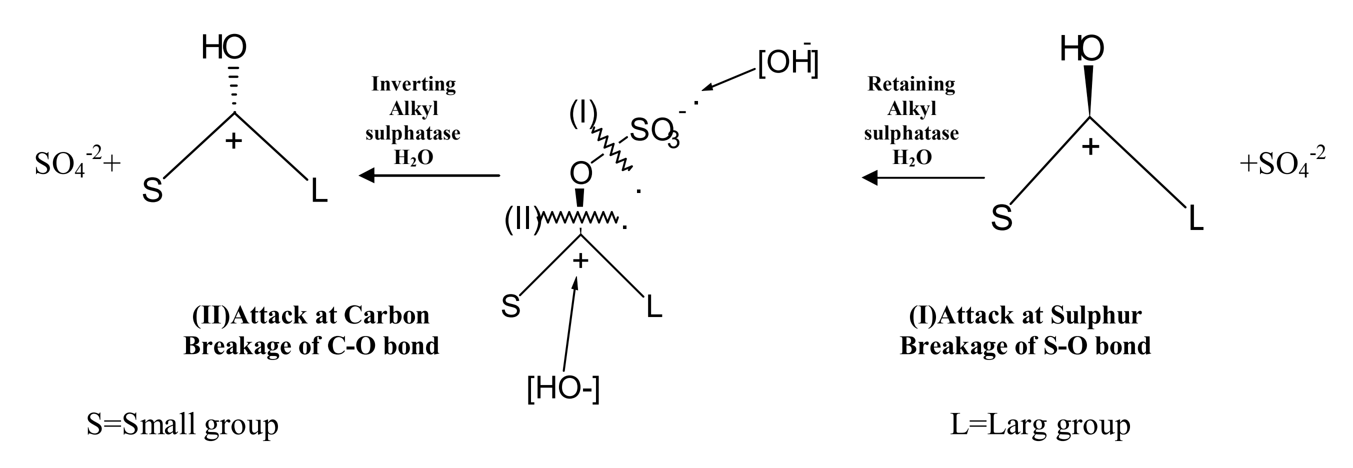
تبيّن في أثناء تجربة قام بها الباحثان Vasileva-Tonkova وGalabova (2003) على مياه الصرف الناتجة عن محطة إنتاج الطاقة الكهربائية في صوفيا (بلغاريا)، أنه بعد أخذ 15 عزلة جرثومية، تبين أن ست عزلات منها فقط أظهرت نمواً جيداً في وسط يحتوي مزيجاً من المواد الفعّالة سطحياً، وأظهرت العزلات جميعها قدرة على إنتاج الإنزيمات من النوع extracellular hydrolytic enzymes و surface-active glycolipids، إذ يعدّ النمط الأول من الإنزيمات الخطوة الأولى لتفكيك المركبات، أما النمط الثاني فهو مواد حيوية ذات فعالية سطحية، وتبيّن أيضاً أن هذه العزلات الجرثومية قادرة على إنتاج العديد من الأنماط الإنزيمية ذات الأهمية في عملية تفكيك المركبات المختلفة.

استخلصت إنزيمات Extracellular oxidases (Laccases, Peroxidases) من العديد من الأنواع الفطرية القاعدية Basidiomycetes والشعاعية Actinomycetes، وتبيّن أن هذه الإنزيمات قادرة على تفكيك الفينانثيرين Phenanthrene بشكل كبير، إذ تعمل على فصل الحلقة العطرية (Harvey & Thurston, 2001; Duran & Esposito, 2000).

واستخلصت أيضاً إنزيمات Lipolytic من عدد من الأحياء الدقيقة مثل *Salinivibrio*، *Halomonas*، *Chromohalobacter*، *Salibacillus*، *Marinococcus*، *Marinobacter*، وهي من الإنزيمات الخارجية Extracellular وبالدرجة الأولى الإستراز والليباز، وتدخل في صناعات المنظفات والأغذية والمواد الطبية الصيدلانية والعديد من الصناعات الكيميائية، وأمكن التأكد من فعالية هذه الإنزيمات بتطبيقها على مادة Tween 80، إذ استخلصت من ثلاث سلالات من النوع *Marinobacter lipolyticus* sp، ووصلت نسبة تفكيك هذه المادة إلى 100% (Martin. *et al*, 2003; Zhang. *et al*, 2008).

ويوجد العديد من السلالات الجرثومية القادرة على تفكيك الإسترات الأليفاتية الكبريتية المعزولة من مياه الصرف المنزلي والحمأة والتي تعتمد على الإسترات الأليفاتية الكبريتية بصفتها مصدراً للكربون، وغالباً ما تتفكك بوساطة إنزيمات Alkylsulphatases قادرة على تفكيك أنماط مختلفة من الروابط، ويمكن لها تفكيك رابطة الكبريت أو رابطة الكربون، أو يمكن تفكيك الرابطتين في حال وجود المواد الفعّالة سطحياً الحاوية السلفونات والسلفات، كما في حال LASs وSDSs، ويوضح ذلك الشكل 8 (Gadler and Faber, 2007 (a))، إذ

تفكك رابطة الإستر وتحول الكبريت من الشكل العضوي إلى الشكل اللاعضوي، وتنتمي إلى مجموعة إنزيمات Sulphatase (EC 3.1.6.X) التي تفكك رابطة الكبريتات في الإستر، وتوجد هذه الإنزيمات عند العديد من الأنواع الجرثومية وعند الإنسان، ومن هذه الإنزيمات Steryl-sulphataseو Arylsulphatases وهو أحد الإنزيمات الأكثر أهمية والأكثر دراسة، ولكن الطريق الذي يتبعه هذا الإنزيم لتفكيك الإسترات الأليفاتية الكبريتية غير معروف حتى الآن، وإنزيم Steryl-sulphatase وإنزيم metallo-b-lactamase (MBL)، و-α ketoglutarate-dependent oxygenase، وtaurine dioxygenase و 2,4-dichloro phenoxy acetate dioxygenase، وتستطيع هذه الإنزيمات تفكيك الإسترات الأليفاتية ومنها SDSs (Cook. *et al*, 1999; Kahnert & Kertesz, 2000; Boczar. *et al*. 2001; Gadler & Faber, 2007 (a); Chaturvedi & Kumar, 2010).



الشكل (8) عمل إنزيم Alkyl Sulphatase عندما يفكك الرابطة S-O والرابطة C-O

عزل الباحث Ellis وزملاؤه (2002) ثلاث سلالات AE-A، AE-B، AE-D وتنتمي جميعها إلى الجراثيم السالبة بصبغة غرام، وتختلف عن بعضها بعضاً بقدرتها على تمثل مادتي 2-butyloctyl sulphate BOS و SDSs، وتبيّن أن السلالتين (AE-B،AED) قادرتان على النمو على وسط يحتوي BOS ولا تستطيعان النمو على SDSs، أما السلالة AE-A فتفكك BOS و SDSs، وبيّنت الدراسة التحليلية للنكليوتيدات أن AE-A تظهر 99% تشابهاً في التتابع النكليوتيدي للنوع *Pseudomonas spp*، أمّا AE-D فتظهر 95% تشابهاً مع أنواع من الجنس *Pseudomonas* منها *Pseudomonas putida*، لذلك سمّيت الأولى *Pseudomonas sp*. strain AE-A وهي تفكيك SDSs و BOS، وتنمو السلالة الثانية *Pseudomonas sp*. strain AE-D على BOS ولا تنمو بوجود SDSs، وتفكك السلالات الثلاث BOS نظراً إلى احتوائها واحداً أو أكثر من إنزيمات Alkylsulphatase، وتوجد سلالة *Pseudomonas* C12B التي تستطيع النمو على SDSs والتي تعدّ مميزة لها، والجدول 17 يوضح الاختلافات بين هذه السلالات من ناحية النمو على هاتين المادتين الفعالتين.

الجدول 17. الاختلافات بين السلالات المدروسة بحسب الركيزة.

SDSs + 2BOS	SDSs	2BOS	*Pseudomonas* strain
+	+	+	AE-A

−	−	+	AE-B
−	−	+	AE-D
−	+	−	C12B

أجريت دراسة فعالية إنزيمات Alkylsulphatases من قبل الباحثين Pogorevc وFaber (2003) في السلالة Rhodococcus ruber DSM44541 إذ تنتج هذه الجراثيم اثنين من إنزيمات secondary Alkylsulphatase وواحداً على الأقل من primary Alkylsulphatase، وتستعمل SDSs مصدراً للكربون والطاقة، وكانت أفضل فعالية لهذه الإنزيمات في درجة حرارة 30 مئوية وpH 7.5، لكن أكثر الدراسات تطبيقاً فيما يخص هذه الإنزيمات أجريت عند السلالة Pseudomonas sp. strain C12B التي تنتج خمس إنزيمات مختلفة منها ثلاثة من النمط sec-Alkylsulphatase واثنين من النمط prim-Alkylsulphatase التي تفكك مركبات sec- & prim-alkylsulphates، والسلالة Comamonas terrigena NCIMB 8193 تنتج اثنين فقط من النمط sec-Alkylsulphatase، وغالباً ما تلاحظ إنزيمات Alkylsulphatase عند الأنواع الجرثومية السالبة بصبغة غرام (Pogorevc. *et al*, 2002).

تشمل Sulphatases الإنزيمات من EC 3.1.6.1 إلى EC 3.1.6.18 ويوجد أكثر من 100 جنس من الأحياء القادرة على استقلاب المركبات الكبريتية نتيجة احتوائها واحداً أو أكثر من تلك الإنزيمات، كما هو موضح في الجدول 18 (AL-Delamiy, 2002)، وأهم تلك الإنزيمات هي:

الجدول 18. أهم الإنزيمات التابعة لمجموعة Sulphatases

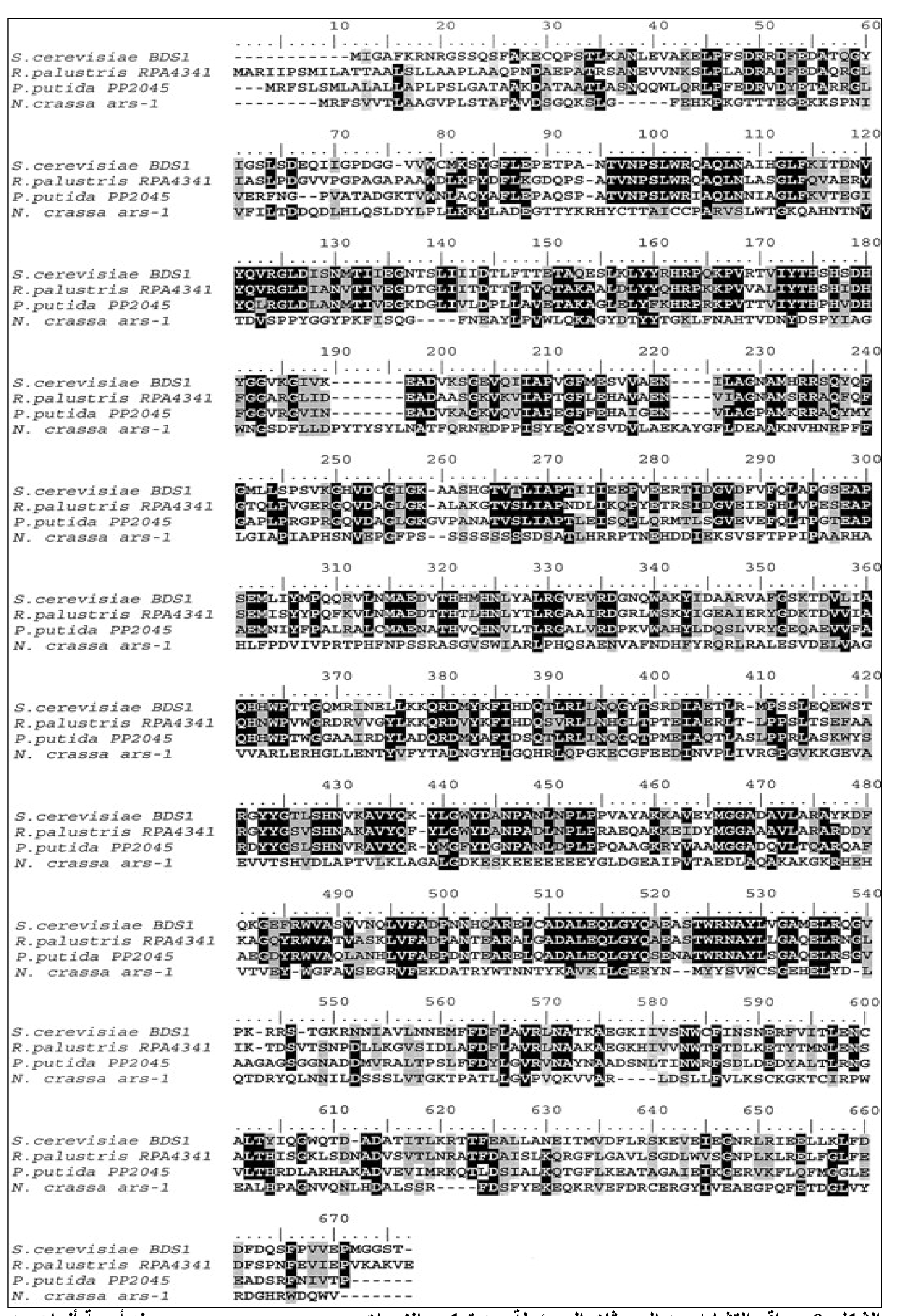
الإنزيم	رقم الإنزيم EC
Alkyl- aryl sulphatase (phenol sulphate)	3.1.6.1
Glycosulphatase (D-glucose 6-sulphate)	3.1.6.3
Chondroitinsulphatase	3.1.6.4
sulphatase sulphate choline-sulphatase(choline sulphate)	3.1.6.6
Cellulose polysulphatase	3.1.6.7
Disulphoglucosamine-6-sulphatase	3.1.6.11
iV-acetylgalactosamine-4-sulphatase	3.1.6.12
sulphatase units of chondroitin sulphate and dermatan sulphate iduronate-2-sulphatase	3.1.6.13
N-acetylglucosamine-6-sulphatase	3.1.6.14
glucuronate-2-sulphatase	3.1.6.18

3.3.7.3.1- العوامل الوراثية المتحكمة في الاصلاح الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً

The genetic factors which control in surfactants remediation

بيّن الباحث Hall (2007) وجود المورثة YOL164W/*BDS1* عند الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* وهي المسؤولة عن تركيب إنزيمات Alkyl-, aryl-sulphatase، وبيّن أيضاً أن هذه المورثة تماثل مورثات أخرى موجودة عند أنواع الأحياء الدقيقة *Saccharomyces bayanus*، *Candida albicans* MMRL2010، *Kluyveromyces marxianus* NRRL ، *Enterococcus faecalis* ATCC 6055 ، *Candida glabrata* CBS138

Y-8281، *K. lactis* CBS6003، *Lactococcus lactis*، *hordniae* ATCC 29071، *Leuconostoc*
mesenteroides LA81، *Saccharomyces bayanus* CBS424، *Saccharomyces castellii* Y-12630،
Saccharomyces cerevisiae S288C، *Saccharomyces kluyverii* CBS3082، *Saccharomyces mikatae*
IFO1815، *Saccharomyces paradoxus* CBS2980، *Ashbya gossypii* ATCC 10895، *Pseudomonas sp*،
إذ يؤدي وجود تلك المورثات إلى القدرة على تفكيك المواد العضوية الحاوية الكبريتات، وخاصة مركبات
Alkyl-, aryl-sulphate مثل مادة SDSs، ويوضح الشكل 9 مواقع التشابه بين المورثات المسؤولة عن تركيب
إنزيمات Alkyl-, aryl-sulphatase عند أربعة أنواع من الأحياء الدقيقة من خلال تسلسل الحموض الأمينية
(Hall. *et al*, 2005).



الشكل 9. مواقع التشابه بين المورثات المسؤولة عن تركيب إنزيمات Alkyl-, aryl-sulphatase عند أربعة أنواع من الأحياء الدقيقة من خلال تسلسل الحموض الأمينية *Saccharomyces cerevisiae BDS1* ، *Rhodopseudomonas palustris RPA4341*، *Pseudomonas putida PP2045*، *Neurospora crassa* ars-1.

وضّح الباحث Sekowska وزملاؤه (2000) أيضاً قدرة النوع الجرثومي *E.coli* على تفكيك العديد من تلك المركبات، نظراً لاحتوائه مجموعة كبيرة من الإنزيمات، إذ بيّن المورثات الموجودة عند *E.coli* والإنزيمات التي تمثل تلك المورثات مع ما يقابلها من مورثات وإنزيمات عند النوع الجرثومي *Bacillus subtilis*، إذ يوجد عند *E.coli* مجموعة من المورثات المسؤولة عن إنتاج الإنزيمات المؤثرة في مركبات الكبريت، كما هو موضح في الجدول 19.

الجدول 19. المورثات المسؤولة عن إنتاج الإنزيمات عند *E.coli*

الإنزيم	المورثة
Arylsulphonatase	*aslA* *aslB*
Hydrolasse (sulphonatase)	*ydeN* *ydeM*
taurine dioxygenase	*tauA* *tauB* *tauC* *tauD*

إن التتابع النكليوتيدي للمورثة *aslA* المسؤولة عن تركيب الإنزيم Arylsulphonatase عند *E.coli* موضح في الشكل 10 (Kitagawa. *et al*, 2005).

```
ttagtcagatttaatctgcgcgcgtggtggatatttttcaggatctccatatacgcgtg
catttcggtctgtagcggtacacccatcggaatatggcgcacgccgatggagtcgctttc
ctgcggatcggtgtagaggttaaacaccgacgatcccgccgtttgcattactgtgccggt
gaatccaccctgatatccgctctgggtataagcgtaaggttgctgaatcaggacgtgata
cttgaactcatccatacgcacagcagcgagtttaccgttgaggaagtagtgctcggcctt
acggttagactgaccatttgttcccaggaagaaggatgtctggtccacaccatcgataaa
ggtggttttcggcactaaattcgccactttcgctccaggatgccctgccagatccagcgc
ggtagggaagagatctgccagatcgacaataccgtcagatttacgcggttggatcatccc
tttccagtaaacgaaagtcggtacgcgaacgccgccttcccaggtcgaacctttcgcacc
acggaacggggtgcgtccgtgcggcggtacttcggcttccggtccgttatcggaggtaaa
gacgatcagcgtgttatcaagctgaccgtttttctccagtgttttatacagattagcgaa
cacatcgttcatctccaccatgcagtcgccatacgaggtgcgtgccggagagctacccgc
atatttcgcatttgggtagttatcgaagtggcagccacgagtgccgtagtagaggaagaa
tggtttatcgctcttcgccatcttgtcgaggaacttaacgccatagtccatccagcgttg
atccagatcttccatatatttcggcgtaatgtcggcaatggcctgttgttcgccgccgcg
caccgcatgaacgtcatctttgctgaacggtaattgcttgatgtattcagaacggtccgg
actcagggccacttccggattgacgtgaacgtcgcgccattcggtgtacatatcagacac
cgagttaaagccacggaaatcatcaaagccaacgttctgcggctgcgactctttgttttc
ccccatatgccattttccgatggcctgagtgacgtagccctgatcgtgcagcaactgcgg
cagcgtggttaacccttgcagcccgcccggttgcccgtacattggcggcatcagaatgcc
gtggtggatggagtattgtccggtgagaatggtggcgcgggttggggaagagcttggttg
agaatacgccgaagttaaaatcagcccctggctggcaacggcgtcgatatctggtgtagg
gttacccaccgccacgccgccaccgttaaaaccgacgtccatccagcccacatcgtccag
caagaaaacaaccacattcggtttcttaccggtttttttctcaagttctgccagcttctg
ctgggtttctttatcctgcgccggatgctgcattactggcatcatattgtcggcaatagt
ggtcgccggtttaaccagatactggtttgggtgatcgtatccggcaaagcctttgcgtgc
ggtggcagttgacggggtatctgctgcgctggccatgagaggaagagcggcggcgacagc
aacaacaagacgtttgggtgaaaacgaaaattcca
```

الشكل 10. التتابع النكليوتيدي للمورثة *aslA* عند *E.coli*.

أما البادئات الخاصة بالمورثة *aslA* فهي:

Primer 1:GCCGAATTTTCGTTTTCACCCAA
Primer 2:CCGTCAGATTTAATCTGCGCGCG

إضافة إلى ذلك يوضح الشكل 11 تتابع الحموض الأمينية الخاصة بهذه المورثة (Daniels. *et al*, 1992).

```
MEFSFSPKRL VVAVAAALPL MASAADTPST ATARKGFAGY DHPNQYLVKP ATTIADNMMP
VMQHPAQDKE TQQKLAELEK KTGKKPNVVV FLLDDVGWMD VGFNGGGVAV GNPTPDIDAV
ASQGLILTSA YSQPSSSPTR ATILTGQYSI HHGILMPPMY GQPGGLQGLT TLPQLLHDQG
YVTQAIGKWH MGENKESQPQ NVGFDDFRGF NSVSDMYTEW RDVHVNPEVA LSPDRSEYIK
QLPFSKDDVH AVRGGEQQAI ADITPKYMED LDQRWMDYGV KFLDKMAKSD KPFFLYYGTR
GCHFDNYPNA KYAGSSPART SYGDCMVEMN DVFANLYKTL EKNGQLDNTL IVFTSDNGPE
AEVPPHGRTP FRGAKGSTWE GGVRVPTFVY WKGMIQPRKS DGIVDLADLF PTALDLAGHP
GAKVANLVPK TTFIDGVDQT SFFLGTNGQS NRKAEHYFLN GKLAAVRMDE FKYHVLIQQP
YAYTQSGYQG GFTGTVMQTA GSSVFNLYTD PQESDSSIGV RHIPMGVPLQ TEMHAYMEIL
KKYPPRAQIK S D
```

الشكل 11. تتابع الحموض الأمينية للمورثة *aslA* عند *E.coli*.

أما تتابع الحموض الأمينية للمورثة *aslB* فهو موضح بالشكل 12 (Benjdia. *et al*, 2007).

```
MLQQVPTRAF HVMAKPSGSD CNLNCDYCFY LEKQSLYREK PVTHMDDDTL EAYVRHYIAA
SEPQNEVAFT WQGGEPTLLG LAFYRRAVAL QAKYGAGRKI SNSFQTNGVL LDDEWCAFLA
EHHFLVGLSL DGPPEIHNQY RVTKGGRPTH KLVMRALTLL QKHHVDYNVL VCVNRTSAQQ
PLQVYDFLCD AGVEFIQFIP VVERLADETT ARDGLKLHAP GDIQGELTEW SVRPEEFGEF
LVAIFDHWIK RDVGKIFVMN IEWAFANFVG APGAVCHHQP TCGRSVIVEH NGDVYACDHY
VYPQYRLGNM HQQTIAEMID SPQQQAFGED KFKQLPAQCR SCNVLKACWG GCPKHRFMLD
ASGKPGLNYL CAGYQRYFRH LPPYLKAMAD LLAHGRPASD IMHAHLLVVS K
```

الشكل 12. تتابع الحموض الأمينية للمورثة *aslB* عند *E.coli*.

إن التتابع النكليوتيدي لمورثة *ydeN* المسؤولة عن إنتاج إنزيم Sulphonatase عند *E.coli* موضح في الشكل 13 (Aiba. *et al*,1996; Blattner. *et al*, 1997; Hayashi. *et al*, 2006)، وتم تحديد البادئات الخاصة بها بما يلي:

Primer 1:GCCAAGTCTGCATTAAAGAAAAG
Primer 2:CCTTTCGCTTCGCTTAGTGCTTT

```
ttatttcgcttcgcttagtgctttcttgatattgttaaacttctcctgatttacctcgct
aagcggtggctggctgctgtcgataaactctcttaccacgccttgcatctctttaacgac
ctgcggattggcggcggcaaggttatctttttgctgtagatccgtcagtttgtagagacc
taactgattgttttctactgtatagacaagcgaataatcgttatttctcaccgtataaga
gaattggcttaagtcctcagtgttggggttatgcgggtaatcgtctgactgatggcgaac
aaatttgtggtaattatcccagaatggaatattttcctcgtcaaaccagtgagaataaga
ggttatccaggtcagattttatgtggctcgccttgtttcttatcttgcaaccagggcag
caaggaaacgccatccagcttaaggtcttttggaatgctgatatcggctgcatcaagagc
tgtcgggtagaaatccattgcggaaatcagcttgtcataattaccgggttgaagtttcc
tttccaccacataaacattggggtgtgagtaccgccaggataggtctgactcttatagcc
tttttgcgccccgttcagcggcagaggaccatcgataaccgcaccattatcggaggtaaa
gagaataattgtattgtcatactgtccgtttttcttcagttgttcgagaatgcgttttac
accctgatcaacagaataaacggaagcgtagtagttatctgctgtttgactaccggtatt
aaattgcttctgatattgatccggtgcaggattatcatttggcaggtgcggagcattata
agccaggtaaagcataaaaggctggtcaagtgttttggcacgatcaacaacgccaattgc
ctcatcggttaactgatcgctgatataacctttgcggggacacgttcacgattttgaa
cagtgaaggggagttgtaatatgccgttcctgcagcgtggaatcccataaagtaatcaaa
gccacggttttgaggttgccattcttccgcagaaaatgtggtgaagttgtcatgatagtc
acgcgtttgtttatcttccggtaccggcacattactgatttttgacaagtgccatttacc
tactgctgcagtgtaataaccatgattctggaataattcaggcaagaaagtttctgttag
cggaataccatcctgagcatcggtattggaatagacaccaaagcgggcgggagctcgacc
ggtcattattgcggcgcgggaggggccggaaacaccgtgtgccacatagccgttagtaaa
acgtacgccttcatccattaatgaaaggagcgtcggcgttgattttgtgcagcttcaat
ggctttatctatccctattttgtaggtatcgacaacttcacgattttccattgtttttgg
gtcaaaagatcccttatcaaaaggaagttgtccataaccaagatcatccatggtcagtac
gataatatttggctttcctttggtactgtattctgtcggcgtaaagtctgagaaagcaac
gtttgttttggttgctttcagctttacatcatctgccgcatgagcagcaaatgcagccat
accagatgccagtatcaaagatatcgaggtacttacgacactttctttaatgcagactt
cat
```

الشكل 13. التتابع النكليوتيدي للمورثة *ydeN* عند *E.coli*.

أما المورثة *tauC* وهي مسؤولة عن إنتاج إنزيم taurine dioxygenase عند *E.coli*، فالتتابع النكليوتيدي لها موضح في الشكل14 (Riley. *et al*, 2006).

```
atgagtgtgctcattaatgaaaaactgcattcgcggcggctgaaatggcgctggccgctc
tcgcgtcaggtgaccttaagcattggcacgttagcggttttactcaccgtatggtggacg
gtggcgacgctgcaactgattagcccgctatttttgccgccgccgcaacaggtactggaa
aaactactcaccattgccggaccgcaaggctttatggacgccacgctgtggcagcatctg
gcagccagtctgacgcgcattatgctggcgctatttgcagcggtgttgttcggtattccg
gtcgggatcgcgatgggacttagccctacggtacgcggcattctggatccgataatcgag
ctttatcgtccggtgccgccgctggcttatttgccgctgatggtgatctggtttggtatt
ggtgaaacctcgaagatcttactgatctatttagcgattttgcaccggtggcgatgtcg
gcgctggcgggggtgaaaagcgtgcagcaggttcgcattcgtgccgcccagtcgctgggt
gccagccgtgcgcaggtgctgtggtttgtcattttgcccggtgcgctgccggaaatcctc
accggattacgtattggtctgggggtgggctggtctacgctggtggcggcggagctgatt
gccgcgacgcgcggtttaggatttatggttcagtcagcgggtgaatttctcgcaactgac
gtggtgctggcggggatcgcggtgattgcgattatcgcctttcttttagaactgggtctg
cgcgcgttacagcgccgcctgacgccctggcatggagaagtacaatga
```

الشكل 14. التتابع النكليوتيدي للمورثة *tauC* عند *E.coli*.

أما تتابع الحموض الأمينية لهذه المورثة فهو موضح في الشكل 15 (Blattner. *et al*, 1997; Daley. *et al*, 2005).

```
MSVLINEKLH SRRLKWRWPL SRQVTLSIGT LAVLLTVWWT VATLQLISPL FLPPPQQVLE
KLLTIAGPQG FMDATLWQHL AASLTRIMLA LFAAVLFGIP VGIAMGLSPT VRGILDPIIE
LYRPVPPLAY LPLMVIWFGI GETSKILLIY LAIFAPVAMS ALAGVKSVQQ VRIRAAQSLG
ASRAQVLWFV ILPGALPEIL TGLRIGLGVG WSTLVAAELI AATRGLGFMV QSAGEFLATD
VVLAGIAVIA IIAFLLELGL RALQRRLTPW HGEVQ
```

الشكل 15. تتابع الحموض الأمينية للمورثة *tauC* عند *E.coli*.

والمورثة *tau*D وهي أيضاً مسؤولة عن إنتـــاج إنـــزيم taurine dioxygenase عنـــد *E.coli*، والتتـــابع النكليوتيدي لها موضح في الشكل16 (Baba. *et al*, 2006).

```
atgagtgaacgtctgagcattaccccgctggggccgtatatcggcgcacaaatttcgggt
gccgacctgacgcgcccgttaagcgataatcagtttgaacagctttaccatgcggtgctg
cgccatcaggtggtgtttctacgcgatcaagctattacgccgcagcagcaacgcgcgctg
gcccagcgttttggcgaattgcatattcaccctgtttacccgcatgccgaaggggttgac
gagatcatcgtgctggatacccataacgataatccgccagataacgacaactggcatacc
gatgtgacatttattgaaacgccacccgcaggggcgattctggcagctaaagagttacct
tcgaccggcggtgatacgctctggaccagcggtattgcggcctatgaggcgctctctgtt
cccttccgccagctgctgagtgggctgcgtgcggagcatgatttccgtaaatcgttcccg
gaatacaaataccgcaaaaccgaggaggaacatcaacgctggcgcgaggcggtcgcgaaa
aacccgccgttgctacatccggtggtgcgaacgcatccggtgagcggtaaacaggcgctg
tttgtgaatgaaggctttactacgcgaattgttgatgtgagcgagaaagagagcgaagcc
ttgttaagtttttgtttgcccatatcaccaaaccggagtttcaggtgcgctggcgctgg
caaccaaatgatattgcgatttgggataaccgcgtgacccagcactatgccaatgccgat
tacctgccacagcgacggataatgcatcgggcgacgatccttggggataaaccgttttat
cgggcggggtaa
```

الشكل 16. التتابع النكليوتيدي للمورثة *tauD* عند *E.coli*.

واستعملت البادئات التالية في عملية النسخ:

Primer 1:GCCAGTGAACGTCTGAGCATTAC
Primer 2:CCCCCCGCCCGATAAAACGGTTT

أما تتابع الحموض الأمينية لهذه المورثة فهو مبيّن في الشكل 17.

```
MSERLSITPL GPYIGAQISG ADLTRPLSDN QFEQLYHAVL RHQVVFLRDQ AITPQQQRAL
AQRFGELHIH PVYPHAEGVD EIIVLDTHND NPPDNDNWHT DVTFIETPPA GAILAAKELP
STGGDTLWTS GIAAYEALSV PFRQLLSGLR AEHDFRKSFP EYKYRKTEEE HQRWREAVAK
NPPLLHPVVR THPVSGKQAL FVNEGFTTRI VDVSEKESEA LLSFLFAHIT KPEFQVRWRW
 QPNDIAIWDN RVTQHYANAD YLPQRRIMHR ATILGDKPFY RAG
```

الشكل 17. تتابع الحموض الأمينية للمورثة *tauD* عند *E.coli*.

وتبين أيضاً أن هذه المورثة *TauD* موجودة عند *Ps. aeruginosa* وهي مسؤولة عن الإنزيم Taurine catabolism dioxygenase، والتتابع النكليوتيدي لهذه المورثة موضح في الشكل 18.

```
ATGAGCCAATCCGCCACCGCCCGGCAACCCGAACCCGAGGTCGCCGAGGCATTCCGCATCACCCCCCTGGAGGC
GCCGCTGGGCGCCGAAGTCCGTGGCCTCGACGCGCGCCGGCCGCTGGCGCCGGAGCAGGTCCTGGCGCTCAAGC
AGGCGCTGCGCGAGCACCACATCCTGGTGTTCCGCCAGCAGCACCTCGACGATGAGCAGTACTTGCGCTTCGCC
ACCCTGTTCGGCTCGGTGTTCCAGCCGCCGGCGGACATCCCGGTGCTGTCCTCGGGTGGCGACGGCAAGGTGCC
GGACATCGTCAAGGTGGCCAACACCGGCGACGGCGAACTGGGCAACTTCGCCCTGCCGGCACACATCGACCACC
AATGGACGCCGGTGCCGTCCTCCGGCTCGTTCCTCTACGCACTGGAGGTGCCGTCCAGTGGCGGCGAGACGCGC
TTCACCAACCTGGCGCGCGCCTACGAGAGCCTCGACGAGGCGACCCGGCGCGAGATCGATGGCCTGCGCCTGAT
CAACTACAACCCCTTCATCCGCCTGCGCGAGGGCGGCTACGGCGGCGGTTTCGCCACCTACCGCACGCCGGACA
TCGAACCGATCCAGGGCAGCGAGCACCCGCTGGTACGCACCCACCCGGAAAGCGGCCGGCGCGTACTGTTCCTC
```

```
AGCGCCCACACCGAGGTGGAGATTCCCGGCTACGACCCCGCGCGGGGCCAGGCGCTGATCGGTCGCCTGCGCGA
ACATCTGGCGCGCCCGGAACTGAGCTACAGCCACGCCTGGTCGGTGGGCGACATCGTCTGGTGGGACAACCAGG
CCGTGCTGCATGCGCGCAACGCCTTCCCGGCCAGCGAGCGGCGGCGCCTGAAGCGCATCAGCCTGGCGGGCAGC
CGTCCGTTCTGA
```

الشكل 18. التتابع النكليوتيدي للمورثة *tauD* عند *Ps. aeruginosa*.

أما تتابع الحموض الأمينية فهو موضح في الشكل 19.

```
MSQSATARQPEPEVAEAFRITPLEAPLGAEVRGLDARRPLAPEQVLALKQALREHHILVFRQQHLDDEQYLRF
ATLFGSVFQPPADIPVLSSGGDGKVPDIVKVANTGDGELGNFALPAHIDHQWTPVPSSGSFLYALEVPSSGGE
TRFTNLARAYESLDEATRREIDGLRLINYNPFIRLREGGYGGGFATYRTPDIEPIQGSEHPLVRTHPESGRRV
LFLSAHTEVEIPGYDPARGQALIGRLREHLARPELSYSHAWSVGDIVWWDNQAVLHARNAFPASERRRLKRIS
LAGSRPF
```

الشكل 19. تتابع الحموض الأمينية للمورثة *tauD* عند *Ps. aeruginosa*.

إن المورثة *TauD* موجودة أيضاً عند النوع الجرثومي *Rhodococcus opacus* ولكنها لا تمثل taurine بصفته مصدراً للكبريت وإنما بصفته مصدراً للكربون أو للنتروجين (Denger. *et al*, 2004).

تبين أن المورثة المسؤولة عن تركيب إنزيم taurine dioxygenase الموجود عند *E.coli* والقادر على تفكيك الإسترات الأليفاتية الكبريتية مثل SDSs وهي تشبه كثيراً مورثة أخرى موجودة عند *Ps.aeruginosa* PAO1 وهي *AtsK*.PAO والمورثة *AtsK*.S-313 الموجودة عند *Ps. Putida* s-313، والبادئات الخاصة بمورثة *AtsK* هي:'5'- CCCTGCATATGAGCAACGCTG-3 و'5'-GAATTGGCAAGCTTGCTCCC-3، كما هو ملاحظ في الشكل 20 (Kahrent & Kertesz, 2000).

```
AtsK.S-313 : RHKVIFFRGCTHLDDQSQEGFAKLLG--EPVAHPTVPVVDGTRYLLQLDG
AtsK.PAO   : RHKVIFFRDCSHLDDQTQEAFAHLLG--EPVAHPTVPSREGTRFLLELDG
TauD       : RHQVVFLRDCA-ITPQQQRALAQRFG--ELHIHPVYPHAEGVDEIIVLDT

AtsK.S-313 : AQGQ-----------------RANSWHTDVTFVEAYPKASILRSVVAPAS
AtsK.PAO   : AEGR-----------------RANSWHTDVTFVEAYPKASILRSVVAPES
TauD       : HNDNPP---------------DNDNWHTDVTFIETPPAGAILAAKELPST

AtsK.S-313 : GGDTVWANTAAAYQELPEPLRELADKLWAVHSNEYDYASLKPDIDPAKLE
AtsK.PAO   : GGDTVWANTASAYADLPAELRELADRLWAVHSNEYDYAGVKPSASVEQLE
TauD       : GGDTLWTSGIAAYEALSVPFRQLLSGLRAEHDFRKSFPEYKYRKTEEEHQ
```

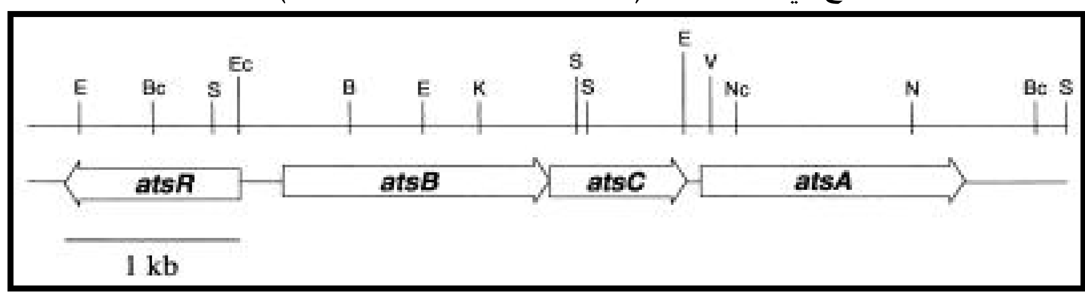
المورثة *AtsK*.PAO، المورثة *AtsK*.S-313، المورثة *TauD*

الشكل 20. تتابع الحموض الأمينية الخاص بالمورثة *atsK* عند الأنواع الجرثومية الثلاثة.

يبيّن الشكل 20 وجود 301 حمض أميني خاص بهذه المورثة عند *Ps. Putida* S313، و300 حمض أميني عند *Ps. aeruginosa*، و283 حمض أميني عند *E.coli*، وإن الأنواع الجرثومية التي لا يمكن لهذه المورثة أن تعبر فيها عن نفسها تكون غير قادرة على تفكيك SDSs بصفته مصدراً للكبريت، ولكن يمكن لها تفكيك

المركبات الحاوية على الكبريت بتأثيرها في روابط الكربون فقط؛ أي تستعملها مصدراً كربونياً وليس كبريتياً للطاقة (Kahnert & Kertesz, 2000).

تبيّن أن المورثات *atsA*، *atsB*، *atsC*، *atsR* المسؤولة عن إنتاج إنزيمات الألكيل سولفاتاز عند *Ps.aeruginosa*، كما هو موضح في الشكل 21 ((Gadler and Faber, 2007 (b)).



الشكل 21. قطع مورثات إنزيمات الألكيل سولفاتاز عند *Ps.aeruginosa*

يوجد لدى *Ps. aeruginosa* إنزيم يفكك SDSs (من Alkylsulphatases)، يسمى SDSsA1 (Hagelueken. *et al*, 2006)، والمورثة التي تمثله هي SDSs*A* gene، والبادئات الخاصة بها هي:

5′-GACGGCCATATGAGCCGTCTGCTTGCACTCCTG-3′ و 5′-GCGCAGATCTGCCTTCGGACTTCGCCGCCGGCGT-3′ .

ويوجد إنزيم CCT_{Penta} mutant surfactant enzyme عند العديد من الأحياء والبادئات الخاصة به عند *P. aeruginosa* (PA103) هي 5'-ggatccatggatgcacagagttcagc-3' و5'-tctagattagtcctcttcatcctcgctg-3'. (Zhou. *et al*, 2006)

إن إنزيم EC 3.1.6.1 Arylsulphatase ويسمى أيضاً Aryl-sulphate sulphohydrolasse موجود لدى الكثير من الأحياء خاصة المفككة للإسترات الأليفاتية الكبريتية إذ عزل من النوع *Ps. aeruginosa* والمورثة المسؤولة عنه هي *atsA*، وتحليل الحموض الأمينية لهذا الإنزيم مبينة في الشكل 22.

```
MSKRPNFLVI VADDLGFSDI GAFGGEIATP NLDALAIAGL RLTDFHTAST CSPTRSMLLT
GTDHHIAGIG TMAEALTPEL EGKPGYEGHL NERVVALPEL LREAGYQTLM AGKWHLGLKP
EQTPHARGFE RSFSLLPGAA NHYGFEPPYD ESTPRILKGT PALYVEDERY LDTLPEGFYS
SDAFGDKLLQ YLKERDQSRP FFAYLPFSAP HWPLQAPREI VEKYRGRYDA GPEALRQERL
ARLKELGLVE ADVEAHPVLA LTREWEALED EERAKSARAM EVYAAMVERM DWNIGRVVDY
LRRQGELDNT FVLFMSDNGA EGALLEAFPK FGPDLLGFLD RHYDNSLENI GRANSYVWYG
PRWAQAATAP SRLYKAFTTQ GGIRVPALVR YPRLSRQGAI SHAFATVMDV TPTLLDLAGV
RHPGKRWRGR EIAEPRGRSW LGWLSGETEA AHDENTVTGW ELFGMRAIRQ GDWKAVYLPA
PVGPATWQLY DLARDPGEIH DLADSQPGKL AELIEHWKRY VSETGVVEGA SPFLVR
```

الشكل 22. تتابع الحموض الأمينية لإنزيم Aryl-sulphate sulphohydrolasse عند *Ps. aeruginosa*

يوجد إنزيم آخر يؤدي دوراً مهماً في تفكيك المركبات العضوية الحاوية الكبريت مثل SDSs هو Flavin Mononucleotide-Dependent Methanesulphonate Sulphonatase (FMNH2)، والمورثة المسؤولة عنه هي المورثة الثانية من ثلاث مورثات تدعى *msuEDC* هي *msuD*، وقد تبين وجود تشابه كبير بين تركيب هذه المورثة ومورثات أخرى هي *SsuD* لدى (Bs) *B. subtilis* و*SsuD* لدى (Ec) *E. coli* و*SsuD* لدى (Pp) *Ps. putida* و*SsuD* لدى (Pa) *Ps. aeruginosa* و *SnaA* لدى *Streptomyces pristinaespiralis*

و *MsuD* لدى *Ps. aeruginosa* و *NtaA* لدى *Chelatobacter heintzii* والمورثة *DszA* لدى *Rhodococcus erythropolis* DBT (Kertesz. *et al*, 1999)، كما هو موضح في الشكل 23.

```
Bs SsuD   ...................................MN EILWFIPTH DARYLGSESDGRTAD
Ec SsuD   ...................................MS NMFWFLPTH DGHYLGTEEGSRPVD
Pp SsuD   ...................................MS NIFWFLPTH DGKYLGTSDGARAVD
Pa SsuD   ...................................MS EIFWFLPTH DGHYLGTTQGARAVD
Pa MsuD   .....................................NVFWFLPTH DGHFLGTSQGARPVS
SnaA      TAPRRRITLAGIIDGPGGHV..AAWRHPATKADAQLDFEFHRDN RTLERGLFDAVFIAD
DszA.     MTQQRQMHLAGFFSAGNVTHAHGAWRHTDASNDF SG.K YQHI RTLERGKFDLLFLPD
NtaA      MGANKQMNLGFLFQISGVHY..GGWRYPSAQPHRATDIQ YAEIVRTAERGKLDFCFLAD

Bs SsuD   HLYFKQVAQAADRLGYT  LLP G SCE P LTA A AGETKDLKF VA RPGLMQPSLA
Ec SsuD   HGY QQIAQAADRLGYT  LIP G SCE A L AAS IPVTQ LKF VA RPSVTSPTVA
Pp SsuD   HGY QQIAQAADRLGFG  LIP G SCE S L AAS IPVTE LKF VA RPGIISPTVA
Pa SsuD   HGY QQIGQAADRLGFG  LIP G SCE S L AAS IPVTQ LKF VA RPGIISPTVA
Pa MsuD   LSY KQVAQAADSLGYH  LIP G SCE S V A A AP TE LRF VA RPGIVSPTVS
SnaA      IVA WGTRLDSLCRT....... RTEHF PLT LAAYAAVTE  GLCATATTTYNEPAHI
DszA.     GLA EDSYGDNLDTGVG..LGGQGAVAL PAS VAT AAVTE LGLGAT SATYYPPYHV
NtaA      SIAAYEGSADQQDRSKD   AAEP RLL P T LAA AMVTE  GL TTATTTYNEPYTM

Bs SsuD   ARMT TLD  SDGRLLIN VAG DPYELAGDG ..F SHD RYEATDEFLT W   LQG
Ec SsuD   ARQAATLD LSNGRAL N VTGSDPQELAGDG ..F DHS RYEASAEFTQ W   LQR
Pp SsuD   ARQAATLD LSNGRAL N VTG DPDELAGDG ..HLNHQ RYEASVEFTR W   LEG
Pa SsuD   ARQAATLD LSNGRAL N VTG DPDELAGDG ..HLSHA RYEASVEFTR W   LEG
Pa MsuD   ARMAATLD LSGGRLLIN VTG DPDENRGDG ..HLGHA RYEVTDEFLR W   LQG
SnaA      AARFASLD LSGGRAG N VTS APWESANFGFPEHLEHGKRYERAEEFID V   WDS
DszA.     ARVFATLDQLSGGRVS N VTSLNDAEARNFG NQHLEHDARY RADEFLEAV   WNSW
NtaA      ARLFASLD  NGRAG N VTS NLAEAHNFGRDGH EHG RYARAEEFIN VF  WDSI

Bs SsuD   T.......................VSYEGKH KVENSNLLFPPQQ PHPP YF GSSQA I
Ec SsuD   T.......................VDFNGKH HVRGAKLLFPAIQQPYPP YF GSSDV Q
Pp SsuD   N.......................VDYDGKH QVKGAKLLYPPVQQPRPP YF GSSEA Q
Pa SsuD   T.......................VDYAGKH QVKGAKLLYPPLQQPRPP YF GSSEA Q
Pa MsuD   A.......................VDFHGKH HVENAKALYPPLQRPYPP YF GSSEA H
SnaA      GRP.....................VDHRGTHFEAPGP.LGIARPPQGRPV IQ GSSPV R
DszA.     DEDALVLDKAAGVFADPAKVHYVDHHGEW NVRGP.LQVPRSPQGEPV LQ GLSPR RR
NtaA      EDGAYLRDKLAGRYGLSEKIHF  HIGEHFKVRGP.LNVPRPPQGHPV VQ GSSHP K

Bs SsuD   AAAKHT  YLTW EPPEQ KEKIERV KQAAKEGR...S  FGIRLHVIARETEQEAWEA
Ec SsuD   LAAEQV  YLTW EPPEL KEKIEQV A AAAHGR...K  FGIRLHVIVRETNDEAWQA
Pp SsuD   LAAEQV  YLTW EPPAA AEKIAQV E AAAQGR...E  FGIRLHVIVRETNEEAWAA
Pa SsuD   LAAEQV  YLTW EPPAA AEKIAQV E AARQGR...Q  FGIRLHVIVRETSEEAWQA
Pa MsuD   LA EQV  YLTW EPLPA AAKIADV Q AARHGR...T  FGIRLHVIVRETAEEAWRA
SnaA      FAARHA  IFTRHNRLSDAQDFYGD  A VARHGRDPEK LVWPTLAPIVAATDTEAKQR
DszA.     FA KWA AVF L PNLEV QATYQG  AEVDAAGRDPDQT IFTA MP  GE QAVAQER
NtaA      LAARTA  VFTAQQTLADGKAFYSDV G MAKYGRSSEN  VLPG VVYVAETESEAKAK

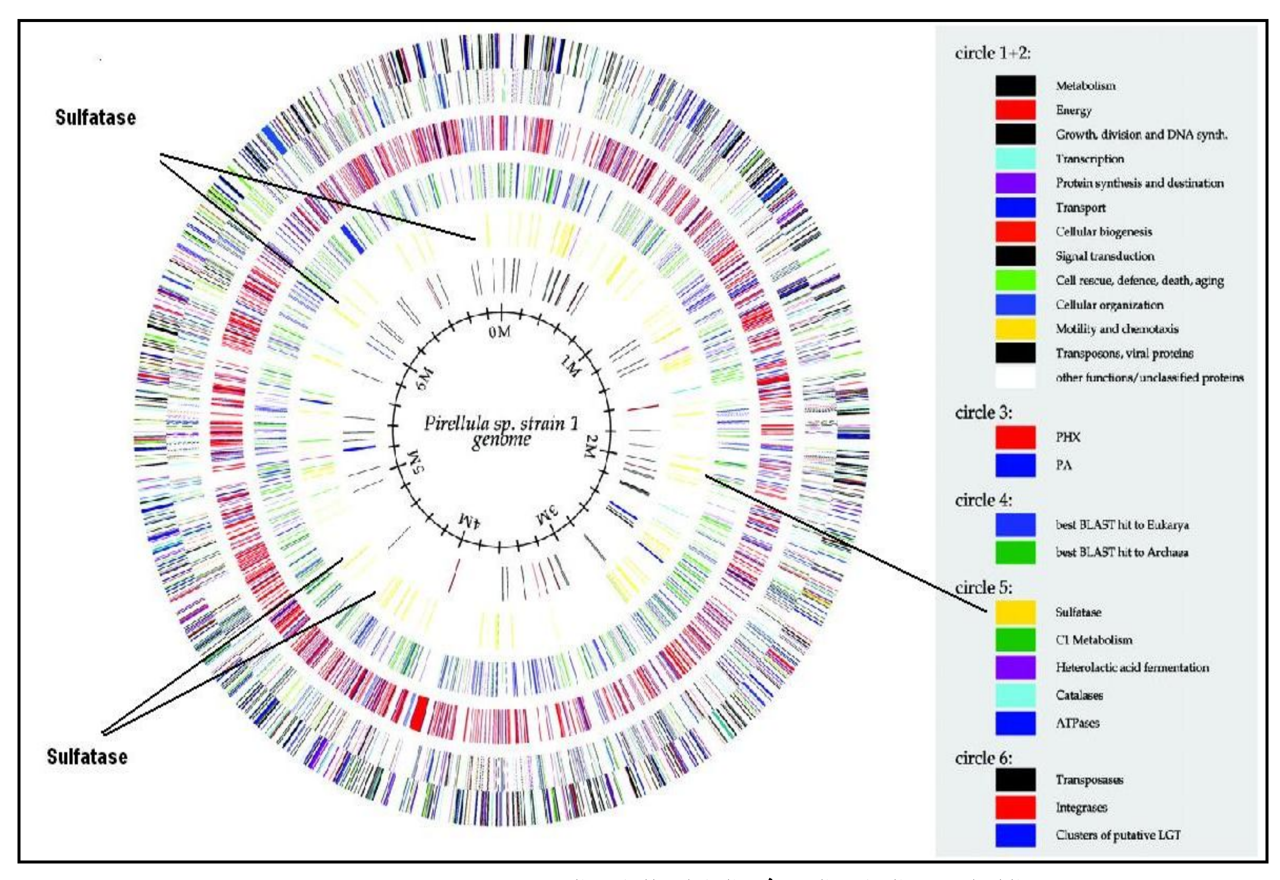
Bs SsuD   A RLISH DD TIAKAQAA......LSR DSSGQQ MAVLHQGDR...TKLE SPNLWAG
Ec SsuD   A RLISH DD TIAKAQAA......FARTDSVGQQ MAALHNGKR...DNLE SPNLWAG
Pp SsuD   A RLISH DD TIARAQAS......LAR DSVGQQ MAALHGGNR...DNLE SPNLWAG
Pa SsuD   A RLIAH DD TIARAQAS......LAR DSVGQQ MAALHGGSR...DNLE SPNLWAG
Pa MsuD   A RLIEH SD TIAAAQQS......FAR DSEGQR MAALHGGRR...DRLE QPNLWAG
SnaA      LQELQDLTHDHVALRTLQDHLGDVDLSA PIDGPVPDIPYTNQSQ...STTERLIGLARR
DszA.     L YLNSL HP VGLSTLSSHTG.INLAA PLDTPI DILRDLQDRNVPTQLH FAAATHS
NtaA      Y T SNL PP FGLFMLSDLLGEIDLKQ DIDGPLPEDLPEAKGSQ..SRRE IINLARR

Bs SsuD   IGLVR GAGTAL GD...........PQT AD  AE QALGIESFIFSG PHLEEAYY.FA
Ec SsuD   VGLVR GAGTAL GD...........GPT AA  NE AALGIDSFVLSG PHLEEAYR.VG
Pp SsuD   VGLVR GAGTAL GD...........GPT AA  KE ADLGIDTFIFSG PHLEESYR.VA
Pa SsuD   VGLVR GAGTAL GD...........GPT AA  RE AELGIDTFIFSG PHLEESYR.VA
Pa MsuD   VGLVR GAGTAL GD...........PRQ AE  GE AELGIDSFIFSG PHLEEAYR.FA
SnaA      ENLSIREL LRL GDIVV.....GTPEQ AD  ES FTGRGADGFNID PYLPGSADDFV
DszA.     EELTL EMGRRYGT VGFVPQWAGTGEQ ADE IRHFEGGAADGFIISPAFLPGSYDEFV
NtaA      ENLTIRQLYQR SGASGHRSIW.GTPKQ ADQFEQ VYEEAADGFNILPPYLPESMNDFV

Bs SsuD    L FPLLPFENDRTRKLQ.....NKRGEA G TYFVKEKNA.
Ec SsuD    L FPLLDVAIPEIPQPQ..P.LNPQGEA A DFIPRKVAQS
Pp SsuD    L FPH DVQRPEQPKTG..GYVSPFGEM A DILPKSVSQS
Pa SsuD    L FPHLDVQRPAQPEGR..GYVSPFGEM A DILPRQAAQS
Pa MsuD    L FPLLPEPYASLAGRGLTNLTGPFGEM A DVLPARAGA.
SnaA       H VPELQRRGLYRSGYEGTTLRANLGIDAPRKAGAAA....
DszA.      Q VPVLQDRGYFRTEYQGNTLRDHLGLR P LQ.GQPS...
NtaA      NF VPELQRRGIFRTEYEGSTLRDHLGLARPKNSVAKPS...
          :  :  *  :                 *   :  :
```

الشكل 23. مقاطع التشابه في تتابع الحموض الأمينية لمجموعة من المورثات المنتجة لإنزيم FMNH2.

درس الباحث Glockner وزملاؤه (2003) التتابع المورثي الكامل للسلالة البحرية*Pirellula* sp. strain 1، وتبين أنها تحتوي 110 مورثات بما فيها مورثات البروتينات، وتتشابه بمقدار 75% (82 مورثة) مع الأحياء الدنيا و25% (28 مورثة) مع الأحياء الراقية، وتتشابه إنزيمات Sulphatases مع *Ps.aeruginosa* بإنزيم Alkyl Sulphatase ومع *Pseudomonas sp* بإنزيم Aryl Sulphatase ومع*Prevotella* sp بإنزيم mucindesulphating sulphatase ومع الثدييات mammalian بإنزيمي mammalian iduronate-2-sulphatase وarylsulphatase، والشكل 24 يوضح التتابع المورثي الكامل لهذه السلالة، وأمكن تحديد لون المورثات بحسب عملها وذلك بحسب كل دائرة، ويلاحظ في الدائرة الخامسة مورثات Sulphatases.



الشكل 24. التتابع المورثي الكامل للكائن البحري *Pirellula* sp. strain 1.

4.7.3.1- الأهمية الاقتصادية لمعالجة مياه الصرف من أجل تنمية مستدامة

The economic importance of wastewater treatment for sastanabal development

تمثل الموارد المائية أهمية كبيرة على مستوى العالم، خاصة في حال ندرة هذه الموارد، وهذا ما يدعو لتوجيه الاهتمام نحو تحليل ودراسة جميع القضايا، والجوانب التي تساهم في تنمية وصيانة واستدامة تلك الموارد، مع تحقيق أفضل مستوى ممكن لترشيد استعمالها ورفع كفاءة هذا الاستعمال، ويعدّ وقوع المنطقة العربية في أكثر مناطق العالم جفافاً، من أكبر التحديات التي تعانيها بسبب تدني مصادرها المائية، وتعدّ الأقل نصيباً من المياه وذلك على مستوى العالم، إلى ذلك قامت كثير من المنظمات العربية بإجراء دراسات مختلفة

في مجال ترشيد استعمال المياه، والبحث عن مصادر أخرى للماء مثل معالجة مياه الصرف المختلفة (الصحي، الصناعي، الزراعي) أو تحلية مياه البحر وغيرها (ESCWA, 2007).

بيّنت الدراسات وجود إمكانات كثيرة وكبيرة لتطوير وزيادة كفاءة استعمال المياه، بإدخال أساليب حديثة ومتطورة في مجال معالجتها واستعمالها، ويعدّ المستهلك الأكبر للمياه هو المجال الزراعي، ويكون بنسبة 89%، وهي نسبة كبيرة مقارنة بباقي دول العالم التي يبلغ فيها المتوسط العام لاستعمال الماء في الزراعة بنحو 70%، ويلاحظ انخفاض هذه النسبة بشكل كبير في الدول الصناعية لصالح استعمالات أخرى خاصة في المجال الصناعي (ESCWA, 2005(b)).

يوجد العديد من الأسباب الاقتصادية التي تؤثر في الموارد المائية في الدول العربية بشكل عام، وفي سورية بشكل خاصة منها (ESCWA, 2005(b)):

- انخفاض تكلفة الماء مما أدى إلى الإسراف في استعماله بشكل كبير في الزراعة.
- ابتعاد رأس المال الخاص عن الاستثمار في المجالات الزراعية التي تطبق فيها الأساليب الحديثة باستهلاك المياه.
- غياب الثقافة الشعبية المتعلقة بالعمل على استدامة المصادر المائية للأجيال القادمة.
- ارتفاع تكلفة البحوث المتعلقة بالعمل على استدامة المصادر المائية.
- انخفاض أو دعم سعر الماء مما أدى إلى استهلاك وهدر كمية أكبر من الحاجة.
- ضعف أو غياب صيانة البنى التحتية المتعلقة بنقل المياه، مما يؤدي إلى فقدان كميات كبيرة منها.

وبينت الإحصاءات أن 5 ملايين شخصاً يموتون سنوياً في العالم بسبب مشاكلات التلوث المائي، كما أن 20% من سكان العالم يستهلك أقل من 20 لتراً من الماء يومياً خلال 50 سنة الأخيرة، وخلال السنوات القليلة القادمة سيزداد الطلب العالمي على المياه باستمرار بسبب النمو السكاني الهائل، يضاف إلى ذلك أن 2 مليار إنسان يفتقرون للأساليب السليمة والصحية في تصريف المياه المستعملة، ولاسيّما مياه الصرف (ESCWA, 2005(a)).

تعدّ مياه الصرف المعالجة حلاً جيداً لمشكلة المياه العالمية، إذ يعاني العديد من مناطق العالم من مشكلة نقص المياه، إضافة إلى ذلك هناك العديد من مناطق العالم التي تتعرض بمن فيها من الأحياء للخطر بسبب عدم وجود توازن بين إنتاج المياه من مصادرها (الجوفية والسطحية) واستهلاكها، وهذه المشكلة ستزداد مع الوقت، لأنه لاتوجد أيّة حلول نهائية حتى الآن (Chapra, 1997).

إن الوصول إلى تحقيق تنمية مستدامة لا يمكن أن يحدث إلا عبر العلاقات المتناغمة بين البيئة الطبيعية والإنسان بنشاطاته المختلفة الاجتماعية والصناعية والزراعية، إلى ذلك لابد من تحليل المعطيات التي تسمح بإيجاد المشكلة وحلها بالطرائق المثلى، التي تسمح بالاستفادة ما أمكن من البيئة دون المساس بحق الأجيال القادمة منها، إلى ذلك لابد من العمل للتنسيق بين الموارد جميعها إذ يتم الحفاظ على البيئة (هيئة التخطيط والتعاون الدولي، 2006).

إن تطور الوضع البيئي يمكن أن ينعكس إيجابياً على جميع القطاعات مما يسمح أيضاً بالاستثمار في البيئة، مما يعطي فرصة لمساهمتها في دعم الاقتصاد الوطني، إضافة إلى ذلك فإن معالجة أسباب المشكلات البيئية من المصدر يمكن أن يقلص، إلى حد كبير، التكاليف الكبيرة لمعالجة نتائجها المتفاقمة (ESCWA, 2007).

إن تأمين مياه الشرب النظيفة والحفاظ على الموارد المائية، يعدّ أحد أهم الأولويات ضمن السياسات المتبعة في سورية، إلا أن الموارد المائية في نضوب وتدهور مستمرين، وتؤكد الدراسات أن ٢١% من السكان لا يمتلكون موارد مستدامة لمياه الشرب، ويعود ذلك للعجز في الأحواض المائية مثل بردى والأعوج والخابور واليرموك، إضافة إلى الاستجرار الجائر وغير المنظم للمياه الجوفية الذي أدى إلى جفاف مياه الينابيع، وتلوث المياه السطحية والجوفية بمياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي والنفايات، وكذلك لاستهلاك الزراعة نحو 85% من المياه، والتي تستعمل في الغالب طرائق تقليدية لمعالجة التلوث الموضعي دون معالجة أسبابه الجوهرية (هيئة التخطيط والتعاون الدولي، 2006).

أما مياه الصرف فهي من أهم أسباب التلوث والأمراض خاصة في الأماكن التي لا توجد فيها شبكات صرف، وإنما يعتاد السكان فيها على الحفر الفنية غير النظامية التي تلوث الآبار غالباً، أو الصرف المباشر في الوديان إذ تلوث المياه السطحية للسدود الترابية والأنهار، أما في المنطقة الساحلية البحرية فإن مياه الصرف تصل مباشرة إلى البحر مسببة تلوثاً مركزاً لمياه الشاطئ، وأثراً سلبياً في الصحة والسياحة في المنطقة، وبشكل عام فإن أكثر من 23% من السكان يفتقرون إلى وجود نظم صرف نظامية (هيئة التخطيط والتعاون الدولي، 2006).

تهدف معالجة مياه الصرف الصحي إلى تحقيق هدفين أساسيين :أولهما حماية البيئة ومواردها المائية من التلوث الناتج عن صرف المياه الملوثة في المجاري المائية والبحار وبالتالي حماية الصحة العامة، والثاني توفير مياه معالجة آمنة للمساهمة في سد العجز المائي، وتختلف نوعية المياه المعالجة باختلاف الغرض من استعمالها بعد المعالجة إذ تختلف المعايير من استعمال إلى آخر، تتطلب إعادة الاستعمال لجميع الأغراض للمياه المعالجة درجة عالية من التنقية والمعالجة بغرض حماية الصحة العامة والبيئة (ESCWA, 2003).

توجد حاجة متزايدة في المناطق الجافة وشبه الجافة إلى إعادة استعمال مياه الصرف، ليس فقط من أجل تقليل تصريفها إلى المصادر المائية السطحية، وإنما أيضاً لتحسين نوعية المصادر المائية فيها، ففي العديد من البلدان العربية يعاد استعمال مياه الصرف الصحي في الأغراض الزراعية دون أية معالجة، وبالتالي، يسبب ذلك مخاطر صحية مختلفة على الإنسان والأحياء، ويتوقع أن يزداد إجمالي المياه المستعملة في الأغراض المنزلية من 16.7 مليار م^3 إلى 27.6 مليار م^3 حتى العام 2025، وتقدر هذه الزيادة بنحو 11 مليار م^3 على مدار العشرين سنة القادمة التي تقدر بنحو 7 في المائة مما يستهلكه قطاع الزراعة في المنطقة العربية والذي يبلغ 146 مليار م^3، يضاف إلى ذلك أن المنطقة تنتج نحو 5 مليارات م^3 من مياه الصرف الصحي، والتي إن عولجت بصورة جيدة، يمكنها دعم قطاع الموارد المائية من إذ سد الاحتياجات والحفاظ على نوعية

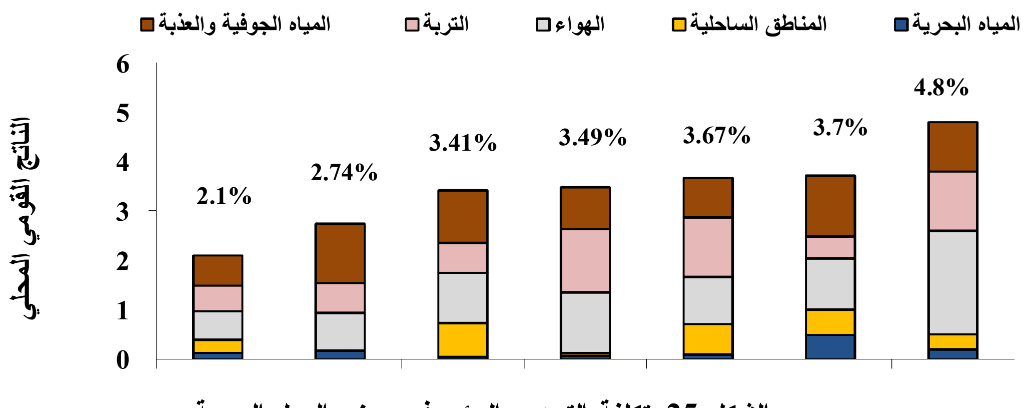
المياه، وهذا يستلزم بذل جهود أكبر في مجال إدارة نوعية المياه، خاصة تلك التي يعاد استعمالها، لما لها من تأثيرات كبيرة في الصحة العامة والبيئة وفي الاقتصاد القومي والسياحي، وخاصة أن مياه الصرف تزداد كمياتها بشكل كبير مع زيادة السكان، وهذا يعني إنه من الضروري توفير الاعتمادات اللازمة لحماية الموارد المائية ومعالجتها ولوضع أسس مراقبة تدهور نوعيتها وإدارتها وتقييم استعمالاتها بغرض تحسين نوعيتها وزيادة الاستفادة منها (ESCWA, 2005(c)).

أدركت الدول العربية مدى أهمية إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة بصفتها مورداً أساسياً للمياه بعد معالجتها، وأيضًا لمساهمتها في الميزانية المائية. وخاصة في الدول التي تعاني من ندرة المياه، وتستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة إما مباشرة لري الأراضي الزراعية أو لري المساحات الخضراء والحدائق، ورغم ندرة المياه في المنطقة والإمكانات الكبيرة لمياه الصرف الصحي المعالجة في المساهمة في سدّ العجز المائي، إلا أنه على العموم، تعدّ كميات المياه المعالجة في المنطقة العربية محدودة جدًا حتى اليوم، علماً أن التقديرات تؤكد تفاقم هذه المشكلة بحلول سنة 2015، يضاف إلى ذلك أن غياب آليات المتابعة والمراقبة لنوعية المياه المعالجة يشكل خطراً على الصحة العامة والبيئة في دول المنطقة (ESCWA, 2007).

إن الاستعمال الأكثر انتشاراً للمياه المعالجة هو المجال الزراعي، ويعدّ الآن الوسيلة الأكثر انتشاراً في الوقت الحاضر، ويعاد استعمال مياه الصرف الصحي (معالجة أو غير معالجة) حالياً لتحسين الأراضي المجاورة للمدن والتي تعاني من نقص في المياه (Chapra, 1997).

تعدّ تأمين الاحتياجات المائية ذات النوعية والكمية اللازمة للاستعمالات المختلفة، من أكبر تحديات القرن الحالي بسبب زيادة الطلب على الموارد المائية نتيجة ازدياد السكان الكبير، والتطور الذي يرافقه بكافة المجالات، إضافة إلى محدودية هذه الموارد، وهذا ما يجعل تأمين هذه الموارد مشكلة حقيقية عند أصحاب القرار، إلى ذلك، لابدَّ من إيلاء الأهمية لاستثمار الموارد المائية المتجددة بكل الطرائق المتوافرة التقليدية منها، وتطبيق التقانة الحديثة، سواء استثمار السدود أو الأنهار أو الينابيع، مع تنظيم استثمار المياه الجوفية والعمل على الاستفادة من الموارد المائية غير التقليدية، أم استثمار مياه الصرف المعالجة أم تحلية المياه أم جمع مياه الأمطار في المناطق ذات الهطول المطرية القليلة، مع العمل على صون الموارد المائية من التلوث والعناية بها بهدف التنمية البيئية المستدامة (ESCWA, 2007).

يوضح الشكل 25 ما يتم إنفاقه من الناتج المحلي الإجمالي في بعض الدول العربية، لإيقاف التدهور البيئي وتحديد اتجاه دالّة الاستدامة البيئية لتقدير اهتمام تلك الدول بأهمية الحفاظ على المصادر الطبيعية المختلفة، يلاحظ أن ما يُنفق حالياً لإيقاف التدهور البيئي لايزال يشكل نسبة قليلة جداً من الناتج المحلي الإجمالي لتلك الدول، نظراً إلى أهمية الموارد الطبيعية في تحديد النسبة المئوية للناتج المحلي الإجمالي للدول بشكل عام (Arafah, 2005).



الشكل 25. تكلفة التدهور البيئي في بعض الدول العربية.

لمصادر المياه غير التقليدية دور مهم في إدارة موارد المياه بشكل مستدام، بديلاً للمياه العذبة، وخاصة في مجال الريّ وتربية الأحياء المائية، وأهمها مياه الصرف المتنوعة المعالجة التي تستعمل في الري، وتؤدي دوراً مهماً في إدارة موارد المياه، وتستعمل حالياً المياه المعالجة الصادرة عن محطة معالجة عدرا في ريف دمشق في ري 18 ألف هكتار في غوطة دمشق، إضافة إلى ري 100 هكتار في السلمية من محطة معالجة السلمية، ويلاحظ أيضاً أنه مع الزيادات السريعة في الأنشطة الصناعية، وتطورها الكبير، فإنه يترافق مع زيادة استهلاك المياه، وبالتالي تزداد كميات المياه الملوثة الخارجة من المصانع إلى البيئة وتلوثها. ويجري حالياً في سورية إلزام المصانع بإنشاء محطات معالجة مرافقة (ESCWA, 2007).

إن المعالجة المتكاملة لمياه الصرف عملية ضرورية لا بد من تحقيقها، بنظم معالجة ملائمة وتقنيات من ناحية الجودة والمردود الاقتصادي، ومن بين هذه الطرائق تُستعمل المعالجة بنظام برك الأكسدة الطبيعية Oxidation ponds natural waste stabilization، وهي من الطرائق، الفعّالة والمنخفضة الكلفة، في إزالة الملوثات الضارة بمختلف أنواعها و خاصة الجراثيم الممرضة، وتعدّ مناسبة لإنتاج مياه معالجة بجودة عالية تصلح لإعادة استعمالها في الأغراض الزراعية وغيرها، لأن استعمال نظم بحيرات الأكسدة المصممة بشكل جيد وصحيح يعمل على تخفيض الملوثات العضوية بنسبة تزيد على 90%، وتستعمل هذه النظم لمعالجة مياه الصرف الناتج عن التجمعات السكانية الصغيرة والكبيرة، ويجري تصميم العديد منها لمعالجة مياه الصرف الناتج عن النشاطات السياحية.

تأتي أهمية استعمال نظام برك الأكسدة لأنها الأقل تكلفة مقارنة بالطرائق التقليدية، وتعدّ من أبسط الطرائق المستعملة في معالجة مياه الصرف المنزلي والصناعي، ويجري تنفيذها بطرائق بسيطة لا تتعدّى في بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية إذا كانت التربة مناسبة، وتكون قليلة العمق ومساحتها كبيرة،وتجري المعالجة في هذه البرك بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والجراثيم التي توجد بشكل طبيعي في مياه الصرف التي تصل إلى البرك، إذ تستعمل الجراثيم الأكسجين المنحل في المياه لأكسدة المواد العضوية، وتنتج مواد عضوية مثبتة وثنائي أكسيد الكربون. و للطحالب دور في استعمال ثنائي أكسيد الكربون مع بعض الأملاح في عملية التركيب الضوئي بمساعدة أشعة الشمس و

تنتج الأكسجين الضروري للجراثيم، أي إن الطحالب والجراثيم تعمل بشكل متكامل. تتمتع نظم المعالجة ببرك الأكسدة بالميزات الآتية:

1- تتطلب مهارة أقل للعاملين فيها.

2- بسيطة الإنشاء وقليلة الكلفة.

3- لا تستعمل آليات كثيرة.

٤- كلفة التشغيل والصيانة منخفضة.

تعمل محطة معالجة مياه الصرف بمدينة السلمية على معالجة هذه المياه التي تصل إليها عبر خطوط الصرف، وهي تعمل بطريقة برك الأكسدة الطبيعية Natural Oxidation Ponds، وتبلغ غزارة المياه الواصلة إليها وسطياً بين 6000 - 8000 م^3/يوم، ويشمل عمل المحطة مرحلتين: معالجة أولية إذ توجد حواجز عددها 2 وأحواض ترسيب أولية عددها 4، ويلي ذلك برك الأكسدة الطبيعية الاختيارية Facultative ponds التي توجد بشكل خطوط متوازية كلّ منها مكون من ثلاث برك متتالية (المجموع 9 برك)، ويبلغ طول كل حوض 180 م وعرضه 60 م وارتفاع الماء فيه يصل إلى 1.5 م تقريباً.

وتعدّ مياه الصرف الزراعي أهم المصادر المائية لإعادة الاستعمال وتشكل نحو 50% من الكمية المستعملة في الري وتستعمل حالياً في ري 17400 هكتار في الغاب، ونظراً إلى كون الفواقد المائية كبيرة جداً وتصل إلى نحو 91 مليار متر مكعب سنوياً والناتجة عن أساليب الري المستعملة في الوقت الحاضر في الدول العربية، ومن هنا تأتي أهمية الصرف الزراعي لكونه يقوم بدورين مهمين هما (ESCWA, 2007).

- يعمل على تخليص التربة من كميات المياه الزائدة التي تتوضع حول جذور النباتات المروية.
- الاستفادة من مياه الصرف الزراعي بإعادة استعمالها من جديد.

يبلغ متوسط الواردات المائية المتجددة في سورية سنوياً (سطحية و جوفية) نحو (10) مليار متر مكعب، إضافة إلى حصة سورية من واردات نهري دجلة والفرات، وتتغيّر هذه الكمية وفقاً لنسبة الهطول المطرية من عام لآخر، ولكن التزايد السكاني يشكل ضغطاً كبيراً على هذه الموارد، وبالتالي تتناقص حصة الفرد منها وهذا يترافق مع ازدياد المنافسة على المياه بين الاستعمالات المختلفة في الشرب والصناعة والزراعة وغيرها، إضافة إلى أن تلوث المياه ومواردها بالمخلفات المختلفة ستزيد من قلتها وندرتها، ولابدَّ من العمل على إدارة هذه الموارد بالشكل الأمثل، فمثلاً لابدَّ من استعمال المياه اللازمة للزراعة بتوفير مياه الصرف المعالجة، ولابدَّ من تشكيل شبكة معلومات مائية حديثة تسمح برصد وكشف مصادر التلوث لحماية المصادر المائية منها، وتأمين التقانات الحديثة التي تساعد في تقييم وتنمية الموارد المائية اللازمة لتحقيق تنمية بيئية مستدامة مع حماية الأوساط المائية من التلوث (ESCWA, 2005(b)).

الفصل الثانـي

مواد البحث وطرائقه

Materials and methods

2.1– مواقع الاعتيان في مدينة اللاذقية

جُمعت العينات من موقعي الدراسة في أفاميا والرمل الجنوبي بشكل دوري مرتين، بفارق زمني خمسة عشر يوماً، بدءاً من شهر حزيران 2007 إلى شهر أيار 2008 لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية (شهرياً) وكل شهرين لدراسة المواد الفعّالة سطحياً، ويجري الاعتيان صباحاً يدوياً بوساطة عبوات زجاجية معقّمة محكمة الإغلاق، ثم حفظت العينات جيداً لإجراء التحاليل الكيميائية والميكروبيولوجية اللازمة عليها في المختبر في كليتي العلوم والصيدلة بعد إجراء القياسات الحقلية المباشرة مثل درجة حرارة المياه ودرجة الحموضة (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

2.1.1– مصب الصرف في منطقة أفاميا.

تصب في منطقة أفاميا مياه من تجمعات سكانية وزراعية وسياحية، وبسبب التغيّرات السكانية فيها يُلاحظ اختلاف في القيم الفيزيوكيميائية والحيوية للمياه صيفاً وشتاءً، أما مكان الاعتيان فهو المصب الرئيس لشبكة الصرف قبل تصريفها في مياه البحر.

2.1.2– مصب الصرف في منطقة الرمل الجنوبي.

تصب في منطقة الرمل الجنوبي مياه من تجمعات ذات كثافة سكانية مرتفعة طيلة العام من مركز المدينة وبعض النشاطات السياحية، ولايوجد تنظيم للصرف الصحي فيها لكن يوجد قنوات صرف مكشوفة تصرّف بشكل مباشر في مياه البحر، أما مكان الاعتيان فهو من المصب الرئيس للشبكة.

2.2– المواد والكواشف.

2.2.1– المواد الكيميائية:

حمض كلور الماء HCl (Merck)، ثنائي كلور المنغنيز $MgCl_2$ (Himedia)، حمض الكبريت H_2SO_4(BDH)، المعقد الثلاثي Ethylene Diamine Tetra Acetic acid EDTA (Merck)، برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ (LGC)، كلور البوتاسيوم KCl(Himedia)، كلور الصوديوم NaCl (Himedia)، كلوروفورم (Merck)، ثيوسلفات الصوديوم Sodium thiosulphate (BDH)، ماءات الصوديوم NaOH (EKA chemicals)، ايتانول (Merck)، غليسيرول (وطني)، كربونات الصوديوم الحامضية $NaHCO_3$ (Pro labo)، كربونات الصوديوم Na_2CO_3 (Pro labo)، حمض الساليسيليك (BDH)، حمض السلفانيليك (BDH)، حمض الكالكوكربونيك (BDH)، يود البوتاسيوم KI (BDH)، يود الزئبق HgI (BDH)، طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم (Medex)، نترات البوتاسيوم KNO_3 (Merck)، ثنائي كلور الباريوم $BaCl_2$ (Himedia)، α– نفتيل أمين (BDH)، نتريت الصوديوم $NaNO_2$ (Merck)، نترات الصوديوم $NaNO_3$ (BDH)، كلور الأمونيوم NH_4Cl(BDH)، يوريا Urea $[(NH_2)CO]$ (BDH)، فوسفات أحادية البوتاسيوم KH_2PO_4 (BDH)، فوسفات ثنائية البوتاسيوم K_2HPO_4 (BDH)، بنزن (Merck)، كبريتات الصوديوم اللامائية (Merck)، أزرق الميتيلين (Merck)، دوواكس Dowex,50 – WX8 (BDH).

2.2.2- المواد الفعّالة سطحياً:

سلفونات الألكيل بنزن الخطية LASs (BDH)، وسلفات دوديسيل الصوديوم SDSs (BDH).

3.2.2- المنظفات:

استعملت 7 أنواع من مساحيق التنظيف هي:

١- **سوبر توبر (أوتوماتيك):** يحتوي مادة فعّالة إجمالية (شاردية [م.و.ج] 350 + لاشاردية [م.و.ج] 600) بنسبة 12% بحد أدنى، تريبولي فوسفات الصوديوم وزيوليت بنسبة 35%، سيليكات الصوديوم، سلفات الصوديوم، كربونات الصوديوم، كربوكسي ميتيل سيليلوز، مبيض ضوئي، إنزيم، عطر، مواد منشطة.

٢- **مدار (أوتوماتيك):** يحتوي مادة فعّالة إجمالية بنسبة 14% موزعة وفق الآتي (شرسبية [م.و.ج 348 بنسبة 96%، ولاشاردية [م.و.ج 616 بنسبة 90%)، تريبولي فوسفات الصوديوم، بيكربونات الصوديوم، سلفات الصوديوم، سيليكات الصوديوم، كربونات الصوديوم، كربوكسي ميتيل سيليلوز، زيوت سليكونية، مبيض ضوئي، إنزيمات، عطور، منشط فعّال، مطريات ناعمة.

٣- **الأفراح (أوتوماتيك):** يتركب من مواد فعّالة لاصابونية بنسبة 12% موزعة وفق الآتي (6% مواد فعّالة شرسبية تركيز 80% (م.و.ج 348)، و6% مواد فعّالة لاشاردية تركيز 90% (م.و.ج 855)، تريبولي فوسفات الصوديوم بنسبة 20%، زيوليت بنسبة 5%، زيوت سليكونية، سلفات الصوديوم، كربونات الصوديوم، سيليكات الصوديوم، بربورات الصوديوم، كربوكسي ميتيل سيليلوز، مبيض ضوئي، المعقد الثلاثي E.D.T.A، عطر، مانع تكلس.

٤- **نايس (أوتوماتيك):** يتركب من ألكيل بنزن سلفونات الصوديوم (م.و.ج 348)، مادة فعّالة لاشاردية، مادة صابونية، تريبولي فوسفات الصوديوم، سيليكات الصوديوم، سلفات الصوديوم، كربونات الصوديوم، كربوكسي ميتيل سيليلوز، بربورات الصوديوم، مبيض ضوئي، منشط، إنزيم، عطر، ملون، ونسبة المواد الفعّالة 12% كحد أدنى.

٥- **برسيل (أوتوماتيك):** يتركب من ألكيل بنزن سلفونات الصوديوم (م.و.ج 348)، مادة فعّالة لاشاردية، مادة صابونية، تريبولي فوسفات الصوديوم، فوسفات رباعية الصوديوم، بولي أكريلات، سيليكات الصوديوم، سلفات الصوديوم، كربونات الصوديوم، بيكربونات الصوديوم (أكثر من 10%)، كربوكسي ميتيل سيليلوز، مبيض ضوئي، منشط، إنزيم، عطر، ملون، ونسبة المواد الفعّالة 12% كحد أدنى.

٦- **أريان (أوتوماتيك):** يتركب من أملاح فوسفاتية، مواد مبيّضة، مواد صابونية، كربونات الصوديوم، زيوليت بنسبة 5%، مانع تكلس، منشط، بيكربونات الصوديوم 5%، مواد مالئة، محسنات، عطر، مادة فعّالة لاصابونية بحد أدنى 12%، مواد فعّالة شرسبية (م.و.ج 370)، مواد فعّالة لاشاردية (م.و.ج 850).

٧- **برنس (أوتوماتيك):** يتركب من ألكيل بنزن سلفونات الصوديوم (م.و.ج 348) بنسبة 12% بحد أدنى، مادة فعّالة غير شاردية، مادة صابونية، تريبولي فوسفات الصوديوم، زيوليت بنسبة (8 - 18)%، سيليكات الصوديوم، سلفات الصوديوم، كربونات الصوديوم، بربورات الصوديوم، بيكربونات الصوديوم بنسبة (5 - 12)% كربوكسي ميتيل سيليلوز، مبيض ضوئي، إنزيم ، عطر، ملون.

4.2.2- أوساط الزرع Cultural Media.

1.4.2.2- الأوساط الطبيعية Natural media.

أمكن الحصول عليها من مياه الصرف في مدينة اللاذقية، وأجريت التجارب المختبرية عليهـــا بدراســـة وتحديد الخواص الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية لها.

2.4.2.2- أوساط العزل والتنقية Isolation and selective media.

عُزِلت ونُقِّيت الأنواع المدروسة ودُرست الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية لها على الأوساط الآتية:

١- وسط الستراميد آغار (Scharlau) Cetrimide agar (*Pseudomonas* selective agar): وهو وسط صلب لانتقاء وعزل *Ps.aeruginosa*، ويتركب من (20 غ/ل Gelatin peptone، 1.4غ/ل $MgCl_2$، 20غ/ل K_2SO_4، 0.3غ/ل Cetiltri methyl-Ammonium Bromide، 15غ/ل Agar، 10مل Glycerol) إلى pH =7.2، يحضن هذا الوسط في درجة الحرارة 42°C مدة 48 ساعة، وإنَّ وجود مادة Cetiltri methyl-Ammonium Bromide والحضن عند درجة الحرارة المذكورة، إضافة إلى تلون الوسط باللون الأسود بسبب إنتاج H_2S كلها أمور تدل على وجود *Ps.aeruginosa* (Sancho Valls. *et al.* 1999).

٢- وسط الأسيت أميد Acetamide Broth (Scharlau): وسط سائل تأكيدي إلى وجود *Ps.aeruginosa*، وهو يتركب من (10 غ/ل Acetamide، 5 غ/ل NaCl، 1.39 غ/ل K_2HPO_4، 0.73 غ/ل KH_2PO_4، 0.012 غ/ل Phenol red) إلى pH =7، يحضن هذا الوسط في درجة الحرارة 37°C مدة 48 ساعة، إذ تقوم هذه الجراثيم باستعماله مصدراً وحيداً للكربون مما يؤدي إلى رفع درجة حموضة الوسط بسبب إنتاجها لمركبات لها خواص قلوية إذ يتغيّر لون الوسط من اللون الأصفر إلى اللون الزهري المائل للأحمر (Sancho Valls. *et al.* 1999).

٣- وسط F agar (King B agar) (Scharlau): وسط صلب مميز للأنواع التابعة لجنس *Pseudomonas* التي تمتلك القدرة على إنتاج أصبغة الفلورسين Fluorescein، ويتركب من (10غ/ل Meat peptone، 10 غ/ل Casein peptone، 1.5 غ/ل K_2HPO_4 ، 1.5غ/ل $MgSO_4$، 15 غ/ل Agar ، 10 مل Glycerol) إلى pH =7.2، الحضن في الدرجة ٣٠°C مدة 48 ساعة، ومع ظهور الصبغة الخضراء

المصفرة يمكن معرفة وجود *Ps.aeruginosa* أو *Ps. Putida*، وللتأكد من أن النوع المعزول هو *Ps.aeruginosa* أجري الحضن في الدرجة 42°C (Sancho Valls. *et al.* 1999).

٤- وسط Tryptophan Broth (Scharlau): وسط سائل يستعمل لتحديد الجراثيم المنتجة للإندول يتركب من (10 غ/ل Meat peptone، 1 غ/ل L-Trpytophan، 5 غ/ل NaCl) إلى pH =7.2، الحضن في في الدرجة 32-30°C مدة 24 - 48 ساعة، ثم تضاف بضع قطرات من محلول Kovac's Reagent وتظهر حلقة حمراء على السطح عندما يكون موجباً التي لوحظت عند *E.coli* (Sancho Valls. *et al.* 1999).

٥- وسط Malachite green broth (Scharlau): وسط سائل بصفته وسطاً مغذياً مميزاً للزوائف *Pseudomonas*، ويتركب من (15 غ/ل Meat peptone، 9 غ/ل Meat extract، 0.03 غ/ل Malachite green، 1.1 غ/ل K_2HPO_4) إلى pH =7، الحضن في درجة الحرارة ٣٥°C مدة 48 ساعة، إذ يؤثر أخضر الملاكيت في الأحياء الدقيقة السالبة بصبغة غرام ما عدا *Pseudomonas*، إن رفع درجة حرارة الحضن حتى 42°C ساعد على عزل النوع *Ps.aeruginosa* (Sancho Valls. *et al.* 1999).

٦- وسط Eosin Methylene Blue (EMB) Agar (Himedia): وسط صلب يتركب من (10 غ/ل Peptic digest to animal tissue، 2 غ/ل K_2HPO_4، 5 غ/ل Lactose, 5 غ/ل Sucarose، 0.4 غ/ل Eosin-Y، 0.065 غ/ل Methylene blue، 13.5 غ/ل Agar) إلى pH =7.2 سمح بتمييز *E.coli* إذ ظهرت بلون أرجواني قاتم مع مركز أسود وبلمعة مخضرة بسبب وجود Eosin-Y وMethylene blue في الوسط، الحضن في الدرجة ٣٥°C مدة 24 ساعة (HI-MEDIA, 1998).

٧- وسط Endo Agar(Himedia): وسط صلب يتركب من (10 غ/ل Peptic digest to animal tissue، 3.5 غ/ل K_2HPO_4، 10 غ/ل Lactose، 2.5 غ/ل Na_2SO_3، Eosin-Y, ، 0.5 غ/ل Basic fuchin، 15 غ/ل Agar) إلى pH =7.2 يسمح بتمييز الأنواع المستعملة بحسب قدرتها على تخمر اللاكتوز أو عدمه (HI-MEDIA, 1998).

٨- وسط MacConkey Agar (Scharlau): وسط صلب يتركب من (Peptic digest to animal tissue, Proteose peptone ,Lactose ,Bile salts ,NaCl ,Neutral red ,Agar) يسمح بتمييز أنواع موجبة بصبغة غرام (Sancho Valls. *et al.* 1999).

٩- وسط Bromo Thymol Lactose (B.T.B) Agar (Himedia): وهو وسط صلب يتركب من (5 غ/ل Proteose peptone، 3 غ/ل Beef extract ، 10 غ/ل Lactose، 0.17 غ/ل Bromo thymol blue، 15 غ/ل Agar) إلى pH =8.6، وهو انتقائي للعنقوديات *Staphylococci* إذ تنمو بدرجات الحموضة المرتفعة والحضن مدة 36 ساعة في درجة الحرارة ٣٥°C، إذ تظهر *Staphylococcus epidermidis*

بلون مزرق، وقد سمح أيضاً بتمييز *E.coli* إذ تظهر بلون أصفر (HI-MEDIA, 1998).

١٠- وسط Brilliant Green, Phenol red, Lactose Agar BPL (Himedia): وسط صلب يتركب من (7 غ/ل Meat peptone، 15 غ/ل Lactose، 5 غ/ل NaCl، 0.04 غ/ل Phenol red، 0.005 غ/ل Brilliant Green، 13غ/ل Agar) إلى pH =6.5، يسمح بتمييز *Salmonella* وتظهر كل من *Sal. enteritidis* و *Sal.typhimurium* بلون زهري مائل للأحمر، ويسمح أيضاً بتمييز *E.coli* إذ تظهر بلون أصفر (HI-MEDIA, 1998).

١١- وسط Hemmes Medium (Himedia): وسط صلب يتركب من (10غ/ل Casein enzyme hydrolysate، 3 غ/ل Yeast extract، 0.3 غ/ل Dextrose، 10 غ/ل Lactose، 10 غ/ل Sucarose، 2 غ/ل Urea، 4 غ/ل NaCl، 0.04 غ/ل Ferrous sulphate، 0.01 Sodium thiosulphate، 0.015 غ/ل Phenol red ، 5 غ/ل Agar) إلى pH =7.2، سمح بتمييز *Sal.typhimurium* ولوحظ تلون الوسط باللون البني المسود بسبب إنتاج غاز H_2S، وكان اختبار الإندول فيها سالباً وتأكد ذلك عند إضافة محلول p-dimethyl aminobenzaldehyde 5% في 10% HCl، وسمح أيضاً بتمييز *E.coli* إذ لم ينتج غاز H_2S وكان اختبار الإندول موجباً واختبار Urease سالباً في الحالتين، ولم يتغيّر إلى اللون الزهري (HI-MEDIA, 1998).

١٢- وسط *Salmonella Shigella* Agar (SS Agar) (Scharlau): وسط صلب يسمح بتمييز *Salmonella* و *Shigella* ويتركب من (5 غ/ل Meat extract ، 5 غ/ل peptone، 10 غ/ل Lactose، 8.5 غ/ل Bile salts، 10 غ/ل Sodium citrate، 8.5 غ/ل Sodium thiosulphate، 1 غ/ل Ferric citrate ، 0.00033 غ/ل Brillint green، 0.025 غ/ل Neutral red، 15 Agar) بدون تعقيم بالأوتوكلاف إلى pH =7، تنتج أنواع معينة غاز H_2S ويظهر اللون البني المائل للأسود (Sancho Valls. *et al.* 1999).

١٣- وسط Brilliant Green Agar with Phosphates (Himedia): وسط صلب يتركب من (10 غ/ل Peptic digest to animal tissue، 5 غ/ل Beef extract ، 3 غ/ل Yeast extract، 10 غ/ل Lactose، 10 غ/ل Sucarose، 1 غ/ ل Na_2HPO_4 ، 0.6 غ/ل NaH_2PO_4، 0.09 غ/ل Phenol red، 0.0047 غ/ل Brilliant Green، 12 غ/ل Agar) من دون تعقيم بالأوتوكلاف ويضاف إليه Sulpha Supplement (FD068) الذي يتركب من 500 ملغ من Sodium sulphacetamide و 125 ملغ من Sodium mandelate والتي تذاب في 500 مل من الوسط إلى pH =6.9، يسمح هذا الوسط بتمييز أنواع *Salmonella* وتظهر *Sal. enteritidis* و *Sal.typhimurium* بلون أحمر فاتح ويكون النمو جيداً، ويظهر النوع *Ps.aeruginosa* بلون أحمر، ولكن بنمو ضعيف، وتكون *E.coli* حساسة، ولا تنمو في هذا الوسط (HI-MEDIA, 1998).

١٤- وسط Motility Sulphide Medium (Himedia): وسط صلب يستعمل لتمييز الأحياء الدقيقة بحسب الحركة، وتكون الجراثيم المتحركة منتشرة على كامل الوسط، أما غير المتحركة فتظهر بشكل خط مستقيم، ويتركب من (10 غ/ل Proteose peptone، 3 غ/ل Beef extract ، 0.2 غ/ل L-Cystine، 0.2 غ/ل Ferric ammonium citrate، 2 غ/ل Sodium citrate، 5 غ/ل NaCl، 80 غ/ل Gelatin، 4 غ/ل Agar) إلى pH =7.3، سمح بالتمييز بين الأحياء المعزولة والمنتقاة بحسب الحركة، إذ تأكدت الحركة عند *E.coli* و *Pseudomonas aeruginosa* و *Pseudomonas sp* و *Sal.typhimurium* و *Sal. enteritidis* ولم تظهر الحركة عند *Staphylococcus epidermidis*، ولوحظ تلون الوسط باللون البني المسود بسبب إنتاج غاز H_2S عند *Sal.typhimurium* و *Pseudomonas aeruginosa* و *Sal. enteritidis* ولم يحدث إنتاج للغاز عند *E.coli* (HI-MEDIA, 1998).

١٥- وسط Chapman Stone Agar (Himedia): وسط صلب يستعمل لتمييز وعزل *Staphylococci* يتكون من (10 غ/ل Casein enzyme hydrolysate ، 2.5 غ/ل Yeast extract ، 30 غ/ل Gelatin، 10 غ/ل D-Mannitol، 55 غ/ل NaCl، 75 غ/ل Ammonium Sulphate، 5 غ/ل K_2HPO_4، 15 غ/ل Agar) إلى pH =7، وتأكد وجود *Staphylococcus epidermidis*، وظهرت منطقة واضحة شفافة حول المستعمرات بعد إضافة قطرات من حمض Sulphosalicilic acid (20%) وهذا يدل على أن اختبار إنتاج Gelatinase موجب، وكان اختبار تخمر المانيتول Mannitol سالباً لأنه عند إضافة بضع قطرات من Bromo cresol purple لم يتغيّر لونه (يتغيّر إلى الأصفر إذا كان موجباً)، وكان اختبار Gelatinase و Mannitol بوساطة *E.coli* سالباً (HI-MEDIA, 1998).

١٦- وسط Lactose Broth (Himedia): وسط سائل يتكون من (5 غ/ل Peptic digest to animal tissue، 3 غ/ل Beef extract ، 5 غ/ل Lactose) إلى pH =6.9، ساعد هذا الوسط بتمييز *E.coli* التي تنتج الغاز نتيجة تخمير اللاكتوز، على عكس النوع *Pseudomonas aeruginosa*، استعملت أنابيب درهام Durham's للكشف عن إنطلاق الغاز (HI-MEDIA, 1998).

١٧- وسط Lead Acetate Agar (Himedia): وسط سائل يتكون من (15 غ/ل Peptic digest to animal tissue، 5 غ/ل Proteose peptone ، 1 غ/ل Dextrose، 0.2 غ/ل Lead Acetate، 0.08 غ/ل Sodium thiosulphate، 15 غ/ل Agar) إلى pH =6.6، ساعد هذا الوسط بتمييز *E.coli* التي تنتج الغاز نتيجة تخمير الدكستروز، ولم يظهر غاز H_2S في حال وجود *E.coli*، أما عند وجود *Sal.typhimurium* فقد حدث العكس ولم تتشكل فقاعات وتلون الوسط باللون البني المائل للأسود بسبب إنتاج H_2S (HI-MEDIA, 1998).

١٨- وسط Fuchsin Lactose Broth (Himedia): يتكون من(5 غ/ل Peptone, Special، 3 غ/ل Meat extract، 5 غ/ل Lactose، 0.013 غ/ل Basic Fuchsin) إلى pH =6.8، يسمح هذا الوسط بتمييز

E.coli التي تنتج الغاز والحمض، استعملت أنابيب Durham's للكشف عن إنطلاق الغاز، وتغيّر لون الوسط الناتج عن وجود Basic Fuchsin(HI-MEDIA, 1998).

١٩- وسط Boric Acid Broth (Himedia): وسط سائل يتركب من (10 غ/ل Proteose peptone، 5 غ/ل Lactose، 12غ/ل K_2HPO_4، 4.1 غ/ل KH_2PO_4، 3.25 غ/ل Boric Acid) إلى pH =7، يسمح بتمييز *E.coli* التي تنمو في درجة الحرارة 43°C، وتشكيل الغاز من اللاكتوز بوجود حمض البور عند الحضن مدة 48 ساعة (HI-MEDIA, 1998).

٢٠- وسط Crystal Violet Lactose Agar (Himedia): يتكون من (5 غ/ل Proteose peptone، 3 غ/ل Beef extract، 10 غ/ل Lactose، 0.0033 غ/ل Crystal Violet، 15 غ/ل Agar) إلى pH =6.8، يستعمل لتمييز أنواع *Staphylococci* إذ ظهرت *Staphylococcus epidermidis* بلون أرجواني مصفر، علماً أن *E.coli* تنمو بشكل جيد في هذا الوسط ويكون لون المستعمرات أرجواني (HI-MEDIA, 1998).

٢١- وسط Starch Agar (Himedia): يستعمل هذا الوسط لمعرفة الأحياء الدقيقة التي تحلمه النشاء، ويتركب من (5 غ/ل Peptic digest to animal tissue، 5 غ/ل NaCl، 1.5 غ/ل Yeast extract ، 1.5 غ/ل Beef extract، 2 غ/ل Starch, soluble ، 15 غ/ل Agar) إلى pH =7.4، وتحضن الأحياء مدة 48 ساعة ثم تُقرأ النتائج، ويدل على الحلمهة وجود هالة شفافة حول المستعمرة تظهر عند إضافة يود البوتاسيوم الذي يكشف عن تحلل النشاء، مع العلم أن *Staphylococcus epidermidis* و *E.coli* لا تحلمه النشاء (HI-MEDIA, 1998).

٢٢- وسط Kligler Iron Agar (Himedia): يتكون من (Beef extract, Peptic digest of animal, Yest extract, Proteose peptone, Lactose, Dextrose, Ferrous sulphate, Sodium chloride, Sodium thiosulphat, Phenol red ,Agar) يساعد هذا الوسط بتمييز *E.coli* التي تنتج غازاً، ويتلون الوسط باللون الأسود نتيجة انطلاق غاز H_2S (HI-MEDIA, 1998).

3.4.2.2- الأوساط المغذية Nutritional media

- وسط Nutrient agar (LAB M): وهو وسط صلب مغذٍ عـــام يتركـــب مـــن (Meat extract, yeast extract ,peptone, NaCl, Agar) (Sancho Valls,J. et al. 1999).
- وسط مغذّ سائل يتركب مـــن (Meat extract, yeast extract ,peptone, NaCl,) (Sancho Valls,J. et al. 1999).

4.4.2.2- الأوساط الخاصة بالدراسة (بتصرف الباحث)

- وسط الزرع لاختيار أفضل مصدر نتروجيني؛ وهو وسط يتركب من KH_2PO_4 ، K_2HPO_4، LASs، إضافة إلى أحد المصادر النتروجينية [KNO_3، $NaNO_3$، $NaNO_2$، NH_4Cl، يوريا (NH_2) CO].
- وسط الزرع لدراسة تفكيك SDSs: وهو وسط سائل يتركب من SDSs،K_2HPO_4 ، $NaNO_3$.

- وسط الزرع لدراسة تفكيك سلفونات الألكيل بنزن الخطية LASs: وهو وسط سائل يتركب من LASs, K_2HPO_4, $NaNO_3$.
- وسط الزرع لدراسة تفكيك المنظفات بشكل عام: يتركب من مسحوق غسيل لمنظف يستعمل في الغسالات الآلية (الأوتوماتيكية) وقد استعمل 7 أنواع منها، وهي الأكثر انتشاراً في السوق المحلية (في اللاذقية).

3.2- الأجهزة Instruments

استعملت الأجهزة الآتية:

- مقياس درجة الحرارة الزئبقي ومقياس الحموضة pH من النمط HACH Sension3.
- حاضنة هزازة Incubator Shaker من شركة InFors، وهزازة خاصة لدراسة التغيّرات في درجة حرارة الغرفة من النمط Heidolph unimax 2010.
- مجهر ضوئي، ومطيافة ضوئية (UV-Vis Spectro photometer) UV-9200.
- جهاز تعقيم (أوتوكلاف)، غرفة عزل جرثومي، أدوات الزرع الجرثومي، الزجاجيات والعبوات الزجاجية، حمام مائي، براد، وسخان..
- مقياس الأكسجين المنحل Oxi 730, InLab، ومبخر دوار Rota Vapor (Buchi).
- جهاز الاستشراب (الكروماتوغرافيا) السائلة High Performance Liquid Chromatography (SHIMADZU).
- جهاز Polymerase Chain Reaction (PCR) (ABENDORF).

4.2- الطرائق Methods.

أجري بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف من قنوات الصرف في مدينة اللاذقية وهي:

1.4.2- درجة الحرارة Temperature

قيست درجات الحرارة باستعمال مقياس حرارة زئبقي عادي، وتكررت عملية القياس ثلاث مرات في المياه، وكل مرة مدة عشر دقائق بدقة 0.1، ويؤخذ متوسط القراءات (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

2.4.2- درجة الحموضة pH

قيست درجات الحموضة بوساطة مقياس pH-meter pH، وتكرر عملية القياس ثلاث مرات خلال عشر دقائق، ويؤخذ متوسط القراءات(Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

3.4.2- كمية الأكسجين المنحل Dissolved Oxygen DO

استعمل جهاز قياس كمية الأكسجين المنحل (InoLab Oxi 730)، ويعدّ تركيز الأكسجين المنحل في المخلفات السائلة دالةً على مدى تلوثها، وكلما انخفضت كمية الأكسجين المنحل في مياه الصرف تكون أكثر تلوثاً، وتقدر قيمته بالوحدة ملغ/ل، وتكرر عملية القياس ثلاث مرات، وتستمر عملية القياس حتى تستقر القيمة المقاسة، ويؤخذ متوسط القراءات (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

4.4.2– العيار القلوي Total Alkalinity T.A والعيار القلوي الكلي Total Complete Alkalinity T.A.C

يدل العيار القلوي على وجود القلويات الحرّة (شوارد الهيدروكسيل OH^-) وشوارد الكربونات (CO_3^{-2}) في المياه، أما العيار القلوي الكامل فيمثل شوارد الهيدروكسيل OH^- والكربونات (CO_3^{-2}) والبيكربونات (HCO_3^-) القلوية والقلوية الترابية، ويجري التحليل في كلتا الحالتين بمعادلة حجم معين (100) مل من الماء المدروس بحمض عياري هو حمض الكبريت H_2SO_4 (0.02N)، بوجود مشعر الفينول فتالئين (2–3 قطرات) في حال العيار القلوي ومشعر الهليانتين (2–3 قطرات) في حال العيار القلوي الكامل، وتقدر القيمة الناتجة في الدرجة الفرنسية (^0f) وهي تعادل 10 ملغ/ل من كربونات الكلسيوم في حال العيار القلوي، ويظهر اللون الأحمر للفينول فتالئين عند pH=8.3 تقريباً بعد أن تتفاعل شوارد الهيدروكسيل كلها ونحو نصف الكربونات، أما في حال العيار القلوي الكامل فإن التحول يحدث لمشعر الهليانتين عند pH=4، علماً أن الكربونات والبيكربونات وشوارد الهيدروكسيل الموجودة في المياه المدروسة تكون قد تفاعلت كلها.

وتدل كمية الحمض المستعمل على العيار القلوي الكامل، لأنه كلما ازدادت شوارد الكلسيوم في الماء المدروس تكون قيمة العيار القلوي الكلي عالية، ويستعمل الجدول 20 لحساب قيم شوارد الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيل. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

الجدول 20. كيفية حساب قيم شوارد الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيل.

HCO_3^- X12.2	CO_3^{-2} X6	OH^- X3.4	نتائج معايرة الشاردة المدروسة
T.A.C	0	0	T.A=0
T.A.C-2T.A	2T.A	0	T.A<1/2T.A.C
0	2T.A	0	T.A=1/2T.A.C
0	2(T.A.C-T.A)	2T.A-T.A.C	T.A>1/2T.A.C
0	0	T.A.C	T.A=1/2T.A.C

5.4.2– إستهلاك (طلب) الأكسجين الحيوي الكيميائي Biochemical Oxygen Demond (B.O.D)

وهو كمية الأكسجين الذي تستهلكه الأحياء الدقيقة الهوائية لأكسدة المواد العضوية القابلة للتأكسد الموجودة في المخلفات السائلة، ويحسب بعد حضن عبوات عاتمة تحتوي عينة المياه المدروسة مدة خمسة أيام في الدرجة 20 مئوية، وتحسب كمية الأكسجين المنحّل الموجودة في العينة من جديد وتقدر بالوحدة ملغ/لتر، ويحدد BOD_5 من الفرق بين كمية الأكسجين المنحّل قبل الحضن وبعده (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

6.4.2– الأكسدة

كمية الأكسجين التي تؤكسد المواد العضوية سهلة وصعبة التفكك وبعض المركبات اللاعضوية في الماء بوساطة برمنغنات البوتاسيوم في وسط قلوي بالغليان مدة عشر دقائق و تقدر النتيجة بالوحدة ملغ/ل، ويؤخذ 100 مل من الماء المراد تحليله ويضاف إليه 2 مل من محلول بيكربونات الصوديوم، والتسخين حتى الغليان،

ثم يضاف 5 مل من محلول برمنغنات البوتاسيوم N/80 وتقابل (3.1608 ملغ/ل) ليصبح الوسط قلوياً، ويستمر غليان المحلول مدة عشر دقائق أخرى، ثم يبرد تحت الصنبور ويضاف 5 مل من حمض الكبريت 50% و5 مل من محلول سلفات فروأمونياك لإزالة اللون من المحلول (تفادياً لحدوث انفجار في أثناء عملية الغلي تُوضع كرات زجاجية صغيرة)، وتجري المعايرة ببرمنغنات البوتاسيوم N/80 فيكون حجم محلول برمنغنات البوتاسيوم المستهلك معادلاً لكمية الأكسجين المستهلك من قبل المواد العضوية. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

7.4.2− القساوة الكلية Total Hardness (T H)

تشير إلى وجود الشوارد المعدنية في المياه، مثل Mg^{+2} وCa^{+2} وواحدتها الدرجة الفرنسية (^0f)، ويستعمل المعقد الثلاثي (EDTA) في التجربة الذي يسبب تشكيل معقد آخر، ويؤخذ 100 مل من الماء المراد تحليله، ويسخن حتى الدرجة 60 مئوية ثم يضاف قرص من أقراص ميرك و1 مل من ماءات الأمونيوم NH_4OH إذ يعطي لوناً أحمراً آجرياً، ثم يُعاير بالمعقد الثلاثي 0.02 N حتى يتغيّر اللون الأحمر إلى الأزرق المخضرّ، ويكون الحجم المستهلك من المعقد الثلاثي هو ما يدل على القساوة الكلية. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

8.4.2− القساوة الكلسية Calcium Hardness (Ca H)

تحسب وفق الطريقة السابقة بوساطة المعقد الثلاثي بوجود حمض الكالكوكربونيك بصفته مشعراً، وتقدر النتيجة بالدرجة الفرنسية. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

9.4.2 – شوارد الكلسيوم Ca^{+2}

تحسب من العلاقة الآتية:

تركيز Ca^{+2} = القساوة الكلسية x 4.008، وتقدر بالملغ/ل (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

10.4.2− القساوة المغنيزية Magnesium Hardness (Mg H)

تحسب القساوة المغنيزية بالعلاقة الآتية:

القساوة المغنيزية = القساوة الكلية – القساوة الكلسية (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

11.4.2− شوارد المغنيزيوم Mg^{+2}

تحسب من العلاقة الآتية:

تركيز Mg^{+2} = القساوة المغنيزية x 2.432، وتقدر بالملغ/ل. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

12.4.2− تركيز شوارد النترات NO_3^-

مبدأ التجربة هو تحويل شاردة النترات إلى بارانتروساليسيلات الصوديوم ذات اللون الأصفر عن طريق معالجة العينة المدروسة بساليسيلات الصوديوم ومواد كيميائية معينة، يحضر محلول ساليسيلات الصوديوم بحل 0.5 غ منها في 100 مل من الماء (يجب أن يحضر المحلول عند إجراء التجربة)، أما محلول طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم فإنه يحضر بإضافة 400 غ من هيدروكسيد الصوديوم و 60غ من

طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم إلى لتر واحد فقط من الماء، ويضاف 2 مل محلول طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم إلى 10 مل من العينة وتوضع في حمام مائي بدرجة 100 مئوية مدة ساعتين وتترك لتبرد، ثم يضاف 2 مل من حمض الكبريت ويترك مدة 10 دقائق، ثم يضاف 15 مل من الماء المقطر و15 مل من محلول الطرطرات ويترك مدة عشر دقائق، وتجري القراءة بطول موجة 420 نانومتراً في جهاز المطيافية الضوئية ثم تحسب تراكيز هذه الشاردة وتقدر بالوحدة ملغ/لتر. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

13.4.2– تركيز شوارد النتريت NO_2^-

يستعمل كاشف غريس A (GriessA) للكشف عن تركيز شوارد النتريت الذي يتألف من حمض السلفانيليك 1 غ و300 مل من حمض الخل 20% وكاشف غريسB (Griess B) الذي يتألف من 0.2 غ من α– نفتيل أمين مع 20 مل ماء مقطر، يغلى المحلول ويترك ليستقر ويرشح في 300 مل من حمض الخل 20% ويضاف المحلول الناتج إلى 10 مل من الماء المراد تحليله، يترك مدة عشرة دقائق، ثم تجري قراءة القيم على جهاز المطيافية الضوئية بطول موجة 490 نانومتراً ثم تحسب تراكيز هذه الشاردة وتقدر بالوحدة ملغ/لتر (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

14.4.2– تركيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2}

تستخدم طريقة السائل الخاص بالغليسيرول لتقدير تركيز شوارد الكبريتات في الماء المدروس، ثم إضافة كمية قليلة من كلور الباريوم $BaCl_2$، وتجري القراءة بطول موجة 420 نانومتر على جهاز المطيافية الضوئية، و تحسب تراكيز هذه الشاردة وتقدر بالوحدة ملغ/لتر. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

15.4.2– تركيز شاردة الأمونيوم NH_4^+

يُعتمد على طريقة كاشف نسلر Nessler لتقدير تركيز شوارد الأمونيوم في المياه المدروسة وتجري القراءة على الجهاز المطيافية الضوئية بطول موجة 420 نانومتراً. (Rodier,1978. Rump & Krist, 1992).

16.4.2– تركيز المادة الفعّالة سطحياً (Nakamura &Morikawa, 1982; Matthijs & De Hanau, 1987; Matthijs & Hennes, 1991; Marcomini & Giger. 1987; Rump & Krist, 1992)

يُقدر تركيز المادة الفعّالة سطحياً بالاستخلاص واستعمال جهاز الاستشراب (الكروماتوغرافيا السائلة HPLC) وطرائق فيزيوكيميائية، وقد تمَّ الاعتماد على قياس تغيّرات تركيز شوارد الكبريتات في الوسط بصفتها مؤشراً على تفكيك LASs وSDSs في التجارب المختبرية، تغسل الأدوات الزجاجية التي تستعمل بالماء العادي ثم بالماء المقطر وتجفف بالفرن، إضافة للغسيل بالمذيبات العضوية كالبنزن والايتانول، وتحفظ بلفها بصفائح من الالمنيوم لحين استعمالها.

أما العمل باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا فقد حُضر له (لتنقية C12-LASs) بحل 150 مل من البنزن مع واحد لتر من العينة المائية (وسط محضر في المختبر أو مياه صرف صحي)، ويمكن أن تقسم على جزئين (75 مل بنزن لكل نصف لتر وسط)، وتبخر الخلاصة بالمبخر الدوار حتى الوصول لحجم 10 مل تقريباً ثم

تجفف بتيار من الآزوت حتى تمام التجفيف، تحلّ بعد ذلك في 20 مل من ماء ثنائي التقطير (منزوع الشوارد)، يضاف إليها 1 مل من المحلول المائي لأزرق الميتيلين 0.025% (يحضر بإذابة 0.025 غ من أزرق الميتيلين في 100 مل من الماء المقطر) بقصد تشكيل معقد أزرق الميتيلين مع LAS ويتم استخلاص المعقد بإضافة 10 مل من الكلوروفورم وتعاد هذه العملية ثلاث مرات، تجمع الخلاصة ويبخر الكلوروفورم حتى الجفاف بتيار من الآزوت، ثم تذاب في 2 مل من الايتانول وتمرر على عمود معبأ براتنجات التبادل الشاردي من النمط الموجب من نوع (Dowex, 50- WX8) أبعاده (1X5) سم (يُعالج 10 منه بإضافة 10 مل من حمض كلور الماء N 3 و10 مل من كلور الصوديوم 2M ثم يغسل بالايتانول ثلاث مرات)، وذلك لإزاحة أزرق الميتيلين عن مركبات LAS، ثم تترك حتى تقطر ٢ مل ويضاف ١٠ مل من الايتانول (الطور المتحرك) وتترك لتقطر في وعاء الجمع، يبخر الايتانول من العيّنة وتحلّ في 20 مل من الماء ثنائي التقطير، وتستخلص بالكلوروفورم ولكن في هذه المرحلة تؤخذ الطبقة المائية، لأن المادة الفعّالة موجودة في الطور المائي ويركز المحلول المائي بانقاص حجمه حتى 1 مل وبذلك تصبح الخلاصة جاهزة لعمليات الفصل بتقانة الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء (Delvalls. et al, 1997. 2002)، كما هو موضح في الشكل 26.



تحديد بجهاز الكروماتوغرافيا السائلة HPLC

الشكل 26. طريقة استخلاص LASs من العينة المائية للتحديد بجهاز الكروماتوغرافيا السائلة

وجرى العمل باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا من شركة (SHIMADZU) اليابانية، واستعمل لتفريق مكونات العيّنة عمود (C18)، وجرت عمليات الفصل بالاعتماد على أسلوب كروماتوغرافيا الطور المعكوس (Reversed - phase)، أما الطور المتحرك (الطور الحامل) فهو A: الماء والأسيتونتريل، B: أسيتات الأمونيوم، ومعدل التدفق 0.8 مل وحرارة العمود 30 درجة مئوية وهي ثابتة، أما أطوال الموجات فهي (220 – 290) نانو متر، وجرت المقارنة من مادة C12-LASs نقية.

17.4.2– طرائق التحاليل الجرثومية.

نظراً إلى احتواء مياه الصرف على الأحياء الممرضة وغير الممرضة بشكل طبيعي، فليس من الضروري إجراء الاختبارات لتحديد عدد الجراثيم الكلي والجراثيم الدالة على التلوث، لكن يبين إجراء العدّ في التجارب الخاصة بالبحث.

تؤدي الجراثيم الموجودة في مياه الصرف دوراً مهماً في تحليل المواد العضوية الموجودة فيها وتفكيكها، وتشمل طرائق التحليل الجرثومي عدداً من الطرائق المختبرية المتبعة عالمياً وهي:

1.17.4.2– تقنية التخفيف Dilution Technique

يؤخذ 1 مل من العيّنة، ويمدد في 9 مل من المحلول الفيزيولوجي في أنبوب اختبار، ثم يؤخذ من هذا الأنبوب 1 مل ويمدد في أنبوب آخر فيه 9 مل، وهكذا حتى عشرة أنابيب (Wistreich, 1997).

2.17.4.2– تقنية الصب بالطبق Pour Plate Technique

يؤخذ 1مل من العيّنة أو أقل من ذلك بحسب الاختبار، يُصَب وسط الزرع المصهور في طبق بتري حتى الدرجة 45°C ثم يحرك الوسط لمزج العينة مع الوسط، ويترك ليتصلب، ويحضن في درجة الحرارة المناسبة لنمو النوع الجرثومي المطلوب (Wistreich, 1997).

3.17.4.2– تقنية الفرش Streak Plate Technique

تفرش كمية صغيرة من ماء العينة على سطح وسط الزرع الموجود في طبق بتري بشكل خطوط بأشكال مختلفة، ثم يحضن في درجة الحرارة المناسبة (Wistreich, 1997).

18.4.2– عزل وتصنيف الأحياء الدقيقة المفككة للمواد الفعّالة سطحياً

Isolation and classification of microorganisims wich biodegradate of Surfactants

جمعت عينات من مياه الصرف الصحيّ لمدينة اللاذقية، وأجريت عملية العزل والتصنيف بزرع جزء من العينات التي جمعت في أطباق بتري تحتوي وسط فيه LASs بصفته مصدراً وحيداً للكربون بعد التخفيف بأنابيب تحتوي وسطاً سائلاً مغذياً، ثم عُزِلت مرات عديدة على الوسط السابق حتى الحصول على مزارع معزولة بشكل نقي، وحفظت في أطباق بتري، ثم نُقِلت إلى أنابيب تحتوي الوسط المذكور بعد التأكد منها وتصنيفها بإجراء الاختبارات المناسبة حسب تصنيف برجي Bergey إلى الأنواع الآتية: *Salmonella enteritidis* و *Salmonella typhimurium* و *Staphylococcus epidermidis1* و *Staphylococcus epidermidis2*

و *E.coli1* و *E.coli 2* و *Pseudomonas sp* و *Pseudomonas aeruginosa*، (Holt, J.G & Krieg,N.R.S.1994)، وقد عزلت من موقعي الدراسة (أفاميا، والرمل الجنوبي)، والجدول 22 يوضح الجراثيم المعزولة ومكان العزل على الأوساط المناسبة.

الجدول 22. الجراثيم المعزولة ومكان العزل على الأوساط المناسبة.

الجراثيم المعزولة	مصدر العينة	الأوساط المستعملة لتحديد النوع
Escherichia coli1	الرمل الجنوبي	وسط Starch Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Tryptophan Broth (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Kligler Iron Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Eosin Methylene Blue (EMB) Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Endo Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط MacConkey Agar (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Bromo Thymol Lactose (B.T.B) Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Brilliant Green, Phenol red, Lactose Agar BPL (HI-MEDIA. 1998).
Escherichia coli2	أفاميا	وسط Hemmes Medium (HI-MEDIA. 1998). وسط Motility Sulphide Medium (HI-MEDIA. 1998). وسط Chapman Stone Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Lactose Broth (HI-MEDIA. 1998). وسط Lead Acetate Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Fuchsin Lactose Broth (HI-MEDIA. 1998). وسط Boric Acid Broth (HI-MEDIA. 1998). وسط Crystal Violet Lactose Agar (HI-MEDIA. 1998).
Salmonella typhimurium	أفاميا	وسط Eosin Methylene Blue (EMB) Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Lead Acetate Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Motility Sulphide Medium. (HI-MEDIA. 1998). وسط Brilliant Green Agar with Phosphates. (HI-MEDIA. 1998). وسط *Salmonella Shigella* Agar(SS Agar) (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Hemmes Medium (HI-MEDIA. 1998). وسط Brilliant Green, Phenol red, Lactose Agar BPL (HI-MEDIA. 1998). وسط MacConkey Agar (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Endo Agar (HI-MEDIA. 1998).
Salmonella enteritidis	الرمل الجنوبي	وسط Eosin Methylene Blue (EMB) Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Motility Sulphide Medium (HI-MEDIA. 1998). وسط Brilliant Green Agar with Phosphates (HI-MEDIA. 1998). وسط *Salmonella Shigella* Agar(SS Agar) (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Brilliant Green, Phenol red, Lactose Agar BPL (HI-MEDIA. 1998). وسط MacConkey Agar (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Endo Agar (HI-MEDIA. 1998).
Staphylococcus epidermidis 1	الرمل الجنوبي	وسط Starch Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Crystal Violet Lactose Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Chapman Stone Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط Motility Sulphide Medium. (HI-MEDIA. 1998). وسط Bromo Thymol Lactose (B.T.B) Agar (HI-MEDIA. 1998). وسط MacConkey Agar (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Endo Agar (HI-MEDIA. 1998).
Staphylococcus epidermidis 2		
Pseudomonas aeruginosa	أفاميا	وسط الستراميد آغار (*Pseudomonas* selective agar) Cetrimide agar

		.(Sancho Valls,J. et al. 1999) وسط الأست أميد Acetamide Broth (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط F agar (King B agar).(Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Malachite green broth (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Eosin Methylene Blue (EMB) Agar(HI-MEDIA. 1998). وسط Lactose Broth (HI-MEDIA. 1998). وسط Motility Sulphide Medium. (HI-MEDIA. 1998). وسط Brilliant Green Agar with Phosphates. (HI-MEDIA. 1998). وسط MacConkey Agar. (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Endo Agar (HI-MEDIA. 1998).
Pseudomonas sp	الرمل الجنوبي	وسط الستراميد آغار Cetrimide agar (*Pseudomonas* selective agar) (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط F agar (King B agar)(Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Malachite green broth (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Motility Sulphide Medium (HI-MEDIA. 1998). وسط MacConkey Agar (Sancho Valls,J. et al. 1999). وسط Endo Agar (HI-MEDIA. 1998).

19.4.2– التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً في أوساط زرعية صنعية سائلة.

1.19.4.2– التفكيك الحيوي لمركبات LASs بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني.

أجري الزرع في وسط سائل يحتوي غراماً واحداً من فوسفات أحادية البوتاسيوم KH_2PO_4 وغراماً واحداً من فوسفات ثنائية البوتاسيوم K_2HPO_4، وغراماً واحداً من LASs التي تعدّ المصدر الكربوني الوحيد في هذا الوسط، إضافة إلى غرام واحد من من أحد المصادر النتروجينية الآتية (KNO_3، $NaNO_3$، $NaNO_2$، NH_4Cl، يوريا) كلاً على حدة في اللتر، اختير ملحان للنترات نظراً إلى توافرهما في مياه الصرف، ولاحقاً وزع الوسط على ثماني أرلينات تحتوي كل منها 100 مل، وزرع 8 مزارع جرثومية معزولة بواقع ثلاثة مكررات، ووضعت الأرلينات في حاضنة هزازة مدة 72 ساعة في درجة حرارة 35 مئوية، إضافة إلى أرلينة تحتوي 100 مل من الوسط أضيف إليها العزلات جميعها معاً، وأرلينة أخرى تحتوي 100 مل من الوسط دون إضافة أي كائن تعدّ شاهداً في كل حالة بمفردها، وقيس تركيز الكبريتات بعد نهاية التجربة، ثم حسب تغيّر تركيز المادة الفعّالة بالطريقة غير المباشرة من تغيّر تركيز الكبريتات في الوسط.

2.19.4.2– التفكيك الحيوي C12-LASs في وسط صنعي في ظروف الحدود الدنيا والعظمى لمؤشرات مياه الصرف الصحي باللاذقية.

اختيرت بعض القيم الدنيا والعظمى التي قيست في أثناء التحاليل لمياه الصرف الصحي في موقعي الدراسة (أفاميا والرمل الجنوبي)، وحضّر منها وسطان: الأول يحتوي القيم الدنيا، وآخر القيم العظمى مع إضافة مادة فعّالة سطحياً (C12-LASs) بتركيزين 400 – 500 ملغ/لتر لكل واحد بمفرده، كما هو موضح في الجدول 23، ووزع الوسط على 10 أرلينات يحتوي كل منها 100 مل، وبعد التعقيم زرعت ٨ مزارع جرثومية معزولة ومنتقاة كلاً على حدة مع إضافة واحد بصفته شاهداً وواحداً آخر يضم المزارع الثماني معاً، ووضعت الأرلينات في حاضنة هزازة مدة 72 ساعة في درجة الحرارة 35 مئوية وبواقع ثلاثة

مكررات، في نهاية التجربة استخلص C12-LASs من الأوساط المستعملة في هذه التجربة، وقيست التغيّرات التي طرأت على تلك القيم.

الجدول رقم 23. القيم الدنيا والعظمى لمؤشرات مياه الصرف الصحي.

البارامتر	القيمة الدنيا	القيمة العظمى	الواحدة
درجة الحموضة	6	7	
كمية الأكسجين المنحل	أجري تحديد القيمة بعد تحضير الوسط		ملغ/ل
شوارد الكلسيوم	10	16	ملغ/ل
النترات	350	400	ملغ/ل
النتريت	0.2	0.4	ملغ/ل
الكبريتات	50	100	ملغ/ل
الأمونيوم	100	120	ملغ/ل
C12-LASs	400	500	ملغ/ل

3.19.4.2- التفكيك الحيوي لسلفات دوديسيل الصوديوم في وسط صنعي سائل من قبل مزارع الجرثومية المعزولة في ظروف مختلفة (تراكيز- درجات الحرارة- درجات الحموضة)

أجري تحضير البادئ من الجراثيم المختارة على وسط مغذٍ سائل، وحضنت في درجة حرارة 30°C مدة 48 ساعة، ثم أضيف 2 مل من البادئ منها ويتضمن نحو 10^6 خلية إلى وسط سائل يحتوي اللتر منه على غرام واحد من $NaNO_3$ وغرام واحد من KH_2PO_4 وغرام واحد من K_2HPO_4، بالإضافة إلى تراكيز مختلفة (100 – 200 – 300 – 400 – 500 – 600 – 700 – 800 – 900– 1000) ملغ/ل من SDSs في الحالة الأولى، أما الحالة الثانية فقد أضيف فقط تركيزين منSDSs (500 و1000) ملغ/ل وقد اختير تركيز 500 ملغ/ل نظراً إلى أن تركيز المواد الفعّالة سطحياً في مياه الصرف الصحي باللاذقية تراوح بين 470 – 510 ملغ/ل، أما تركيز 1000 ملغ/ل فقد اختير لتقدير مدى تأثير درجات الحرارة المختلفة عليه في حال تأثر التفكيك مع تغيّرها وذلك في درجات الحرارة المختلفة °C (15، 25، 35)، وكانت pH الوسط 7 في كلا الحالتين، أما الحالة الأخيرة فكانت بوجود تركيزين منSDSs (500 و1000) ملغ/ل ولكن بدرجات حموضة مختلفة (5 – 6 – 7 – 8)، وكانت درجة حرارة في الحالة الثانية والثالثة 25°C, ووزع الوسط على ثماني أرلينات يحتوي كل منها 100 مل لكل تركيز، وزرعت 8 مزارع جرثومية من مياه الصرف باللاذقية مع إضافة واحد بصفته شاهداً، ووضعت الأرلينات في حاضنة هزازة مدة 72 ساعة، وأجريت التجارب بواقع ثلاثة مكررات، وقيس تركيز الكبريتات بعد نهاية التجربة باستعمال المطيافية الضوئية، ثم حسب تغيّر تركيز المادة الفعّالة بالطريقة غير المباشرة من تغيّر تركيز الكبريتات في الوسط.

4.19.4.2- التفكيك الحيوي لمركبات LASs في وسط يحتويها كمصدر وحيد للكربون والكبريت خلال أشهر مختلفة.

أجري الاختبار على ثلاث مراحل في العام 2008: **المرحلة الأولى** في شـهر كـانون الثـاني، وكانـت درجات الحرارة منخفضة ليلاً ونهاراً وبلغ متوسط درجات الحرارة 8°C، **والمرحلة الثانية** فـي شـهر آذار وكانت درجات الحرارة أعلى من معدلاتها السنوية وبلغ متوسط الحرارة °C(20 – 25)، **والمرحلة الثالثة** في شهر حزيران وقد بلغ متوسط درجات الحرارة بين°C(25 – 30).

زرعت السلالات بعد تنميتها في وسط مغذٍ في لتر واحد من وسط سائل، يحتـوي غرامـاً واحـداً مـن $NaNO_3$ وغراماً واحداً من KH_2PO_4 وغراماً واحداً من K_2HPO_4 وغراماً واحـداً مـن LASs، التـي تعـدّ المصدر الكربوني والكبريتي الوحيد في هذا الوسط، وحددت pH عند القيمة 7، وأضيف 1 مل مـن البـادئ منها الذي يحتوي نحو 10^6 خلية تقريباً بعد أن حضنت في درجة حرارة مناسبة مدة 48 ساعة، ولاحقـاً وزع الوسط على تسع أرلينات يحتوي كل منها 100 مل وزرعت ثماني سلالات جرثومية مـن ميـاه الصـرف باللاذقية مع إبقاء الأخيرة شاهداً، ووضعت الأرلينات على الهزازة من دون حاضنة مدة 72 ساعة في **درجـة حرارة الغرفـة** في المراحل الثلاث بواقع ثلاث مكررات، وقيس تركيز الكبريتات بعد نهاية التجربة كمؤشـر على تفكيك SDSs باستعمال جهاز المطيافية الضوئية.

5.19.4.2– التفكيك الحيوي SDSs في وسط صنعي سائل بتأثير الجراثيم المنتقاة مجتمعة.

زرعت السلالات المختارة (بعد تنميتها في وسطٍ مغذٍ)، بعد أن حضنت في درجة حرارة مناسبة مدة 48 ساعة وأضيف 1 مل من البادئ من كل سلالة الذي يحتوي تقريباً 10^6 خلية إلى لتر واحد من وسط سائل يحتوي غراماً واحداً من $NaNO_3$ و غراماً واحداً من K_2HPO_4 و غراماً واحداً من KH_2PO_4 و SDSs بتركيز 500 و 1000 ملغ/ل، ويعدّ المصدر الكربوني والكبريتي الوحيد مع إضافة واحد بصفته شاهداً، وكانت قيمة pH الوسط عند 7، ووضعت الأرلينات في حاضنة هزازة مدة أسبوع في درجة حرارة 25°C وقيس تركيز الكبريتات بعد نهاية التجربة بصفته مؤشراً على تفكيك SDS باستعمال جهاز المطيافية الضوئية. وأجري قياسان الأول بعد ثلاثة أيام، والثاني في نهاية التجربة في اليوم السابع (ثلاث مكررات)، ثم حسب تغيّر تركيز المادة الفعّالة بالطريقة غير المباشرة من تغيّر تركيز الكبريتات في الوسط.

6.19.4.2– التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً في بعض أنواع المنظفات في وسـط صـنعي سـائل بتأثير الجراثيم المنتقاة.

أجري زرع السلالات الجرثومية المنتقاة بعد تنميتها على وسط مغذٍ وحضنت في درجة حرارة 30°C مدة 48 ساعة وأضيف 1 مل من البادئ، يحتوي نحو 10^6 خلية، إلى وسط سائل يحتوي 1 غ/لتر من أحد المنظفات (مدار، نايس، سوبر توبر، برسيل، برنس،أريان، الأفراح) وجميعها مساحيق غسيل تستعمل في الغسالات الآلية، وزرعت الجراثيم مجتمعة بواقع ثلاث مكررات، مع إضافة واحد بصفته شاهداً ووضعت الأرلينات في حاضنة هزازة مدة أسبوع في درجة الحرارة 30°C، وكانت pH الوسط 7 تقريباً، وأجري قياسان لتركيز الكبريتات الأول بعد ثلاثة أيام، والثاني في نهاية التجربة في اليوم السابع، ثم حسب تغيّر تركيز المادة الفعّالة بالطريقة غير المباشرة من تغيّر تركيز الكبريتات في الوسط، وأمكن تحديد نسبة

كبريتات الصوديوم الموجودة في المنظف لتقدير تركيز الكبريتات في الوسط قبل بدء التجربة، والجدول 24 يوضح النسب المئوية لكبريتات الصوديوم في بعض مساحيق الغسيل المستعملة في سورية.

الجدول 24. النسب المئوية لكبريتات الصوديوم في بعض مساحيق الغسيل المستعملة في سورية خلال عام ٢٠١٠.

المنظف	كبريتات الصوديوم في مسحوق الغسيل %
مدار	25
سوبر توبر	25
برنس	8
برسيل	6
أريان	0
الأفراح	25
نايس	20

7.19.4.2– التفكيك الحيوي لمركبات C12-LASs في وسط صنعي سائل.

زرعت الأنواع المعزولة والمنتقاة بعد تنميتها في وسط مغذٍّ وحضنت في درجة 30°C، مدة 48 ساعة، ثم أضيف 1 مل من البادئ يحتوي على 10^6 خلية تقريباً إلى لتر واحد من وسط سائل يحتوي 0.3 غ/لتر من C12-LASs، 1 غ/لتر $NaNo_3$، 1 غ/لتر K_2HPO_4، 1 غ/لتر KH_2PO_4، ووزع لاحقاً الوسط على 10 أرلينات يحتوي كل منها 100 مل وزرعت 8 مزارع جرثومية معزولة من مياه الصرف باللاذقية كلاً على حدة، مع إضافة واحد بصفته شاهداً وواحد آخر يضم المزارع الثماني معاً بواقع ثلاثة مكررات، ووضعت الأرلينات في حاضنة هزازة مدة 72 ساعة في درجة 35°C، وحددت درجة الحموضة pH=7، وفي نهاية التجربة استخلص C12-LASs من الأوساط المستعملة، وطبق عليها مراحل مختلفة للقياس على جهاز الكروماتوغرافيا السائلة لتقدير نسبة تفكيك C12-LASs حيوياً من قبل السلالات الجرثومية المستعملة.

8.19.4.2– التفكيك الحيوي C12-LASs بتأثير الجراثيم المنتقاة في وسط طبيعي من مياه الصرف.

أجري الزرع بتوزيع وسط طبيعي من مياه الصرف على ثماني أرلينات يحتوي كل منها 100 مل، ثم زرعت 8 مزارع جرثومية كلاً على حدة، مع إضافة واحد بصفته شاهداً ووضعت الأرلينات في حاضنة هزازة مدة 72 ساعة في درجات حرارة مختلفة °C(15 - 25 – 35) بواقع ثلاثة مكررات، وفي نهاية التجربة استخلصت C12-LASs الموجودة في مياه الصرف المستعملة لقياس تركيزها باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا السائلة، وذلك في حالتي العينة (معقّمة بالحرارة، وغير معقّمة) من موقعي الاعتيان (أفاميا والرمل الجنوبي).

9.19.4.2– الدراسة الوراثية الجزيئية لإحدى الجراثيم المنتقاة والمفككة للمواد الفعّالة سطحياً

عُزل كامل المادة الوراثية من جراثيم *Pseudomonas aeruginosa* بالطريقة التقليدية، التي تعتمد على تحطيم الخلايا الجرثومية بالصدمة الحرارية، ثم تنقية المادة الوراثية باستعمال أعمدة تنقية من شركة Qiagen.

واستعملت البادئات (Primers) بإجراء تضخيم جزء من المورثة المسؤولة عن إنتاج Sulphoxidase بحجم قدره ١٨٠ قاعدة نتروجينية كما هو مبين بالشكل 194، واستعملت البادئات الخاصة بالمورثة 16S rRNA شاهداً على مدى كفاءة تفاعل Polymerase Chain Reaction (PCR) و خصوصيته.

أجري تفاعل PCR باستعمال جهاز التضخيم من ماركة إبندورف الألمانية ضمن الشروط الآتية:

١- تهيئة أولية للمادة الوراثية بدرجة حرارة ٩٤ مئوية مدة ٤ دقائق.

٢- تهيئة مرحلية للمادة الوراثية بدرجة حرارة ٩٤ مئوية مدة دقيقة واحدة، يسخن DNA حتى تنفصل السلسلتان.

٣- تثبيت بادئات المادة الوراثية بدرجة حرارة ٦٠ مئوية مدة ٣٠ ثانية.

٤- إستكمال نسخ المادة الوراثية بدرجة حرارة ٧٢ مئوية مدة ٣٠ ثانية.

٥- إستكمال النسخ النهائي لجزيء المورثة المسؤولة بدرجة حرارة ٧٢ مئوية مدة ١٠ دقائق.

٦- كان تكرار المراحل ٢ – ٤ بمقدار ٣٥ مرة.

10.19.4.2- الدراسة الاحصائية:

استعملت العلاقات الاحصائية المختلفة الممثلة بعلاقات الارتباط بين نسبة التفكيك وتغيّـرات التراكيـز، وتغيّرات درجة الحرارة، وذلك بوجود الجراثيم المستعملة في أوساط صنعية وأخرى طبيعية، وإيجاد أقـرب علاقة يمكن المقارنة بها ومعامل الارتباط، إضافة إلى ذلك استعمل برنامج Statistical Package for Social Sciences (SPSS) (بشير، 2003 ; أبو علام، 2003 ; Zar, 1999).

الفصل الثالث

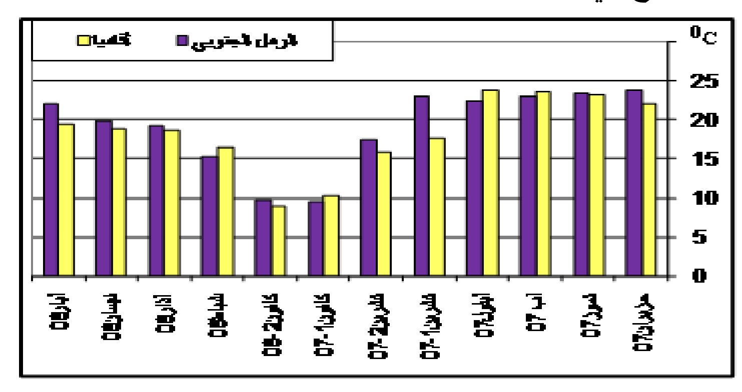
النتائج والمناقشة

1.3- الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية لمياه الصرف.

كانت نتائج بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف لمدينة اللاذقية كما يلي:

1.1.3- درجة الحرارة Temperature

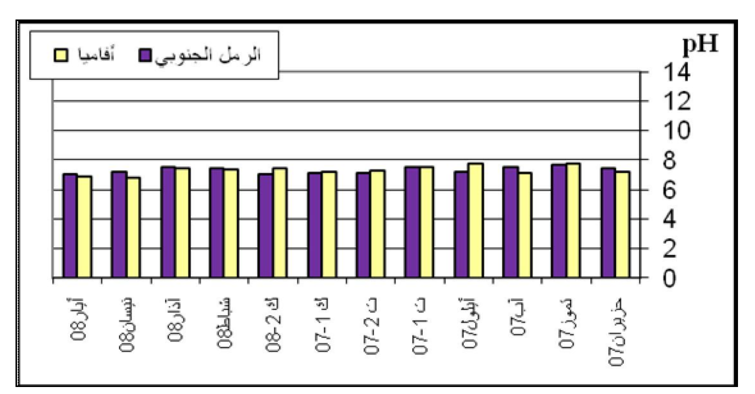
تراوحت درجات الحرارة في موقع مصب الصرف الصحي في أفاميا بين 8.99°C – 25.9، وبلغت قيمتها الدنيا في شهر كانون الثاني (2008) وقيمتها العظمى في شهر أيلول (2007)، وكان متوسط درجات الحرارة 18.4°C، أما درجات الحرارة في موقع مصب الصرف الصحي في الرمل الجنوبي فكانت بين 9.6°C – 26.6 والقيمة الدنيا لها في شهر كانون الأول (2007)، والقيمة العظمى في شهر حزيران (2007) ومتوسطها 19.3°C كما هو موضحٌ في الشكل 27، ويعود تغيّر درجات الحرارة إلى الظروف المناخية.



الشكل 27. متوسط تغيّرات قيم درجات الحرارة في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

2.1.3- درجات الحموضة pH

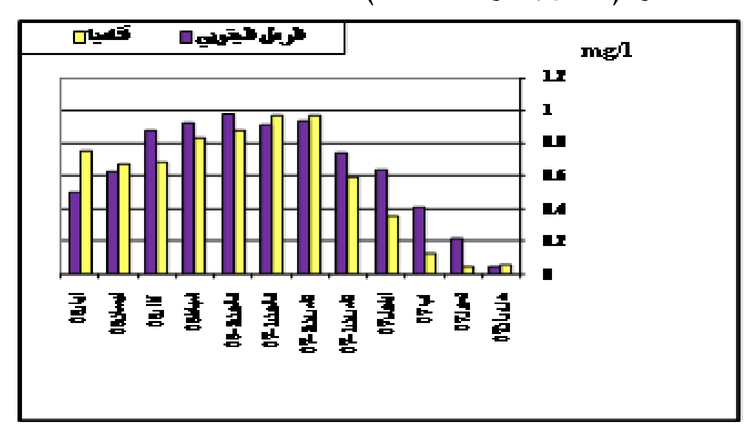
تراوحت درجات الحموضة في موقع أفاميا بين 6.81 – 7.78 وبلغت قيمتها الدنيا في شهر نيسان (2008) وقيمتها العظمى في شهر أيلول (2007)، وكان متوسط درجات الحموضة 7.31، بينما كانت في موقع الرمل الجنوبي بين 7.02 – 7.67 وكانت القيمة الدنيا لها في شهركانون الثاني (2008) والقيمة العظمى في شهر تموز (2007) ومتوسطها 7.32، كما هو موضحٌ في الشكل 28، وتختلف قيم درجات الحموضة وفق اختلاف موقعي الدراسة والفترة الزمنية تبعاً للفصول وللحمولة العضوية للمياه، غالباً ما كانت درجات الحموضة خلال 2007 – 2008 أقل من مثيلاتها خلال الأشهر نفسها خلال 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005).



الشكل 28. متوسط تغيّرات درجة الحموضة pH في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

3.1.3- كمية الأكسجين المنحّل Dissolved Oxygen D.O

تتراوح قيم كميات الأكسجين المنحل في موقع أفاميا بين 0.05 – 0.975 ملغ/لتر وكان المتوسط 0.578 ملغ/لتر، وكانت القيمة الدنيا في شهر تموز (2007) والقيمة العظمى في شهر كانون الأول (2007)، وفي موقع الرمل الجنوبي تراوح بين 0.05 – 0.978 ملغ/لتر والمتوسط (0.651) ملغ/لتر، أما القيمة الدنيا فكانت في شهر حزيران (2007) والقيمة العظمى في شهر كانون الثاني (2008)، كما هو موضح بالشكل 29. وتؤدي درجات الحرارة الدور الأهم في التغيّرات التي تطرأ على كميات الأكسجين المنحّل وتزداد الإنحلالية بانخفاض الحرارة، بسبب عدم استهلاكها من قبل الأحياء المفككة بسبب انخفاض درجات الحرارة في الشتاء، وعند مقارنة هذه النتائج مع نتائج مثيلاتها خلال الأشهر نفسها من 2004 – 2005 لوحظ أن النتائج الحالية أقل في أغلب الأشهر (ياسين; جرعا، 2005).



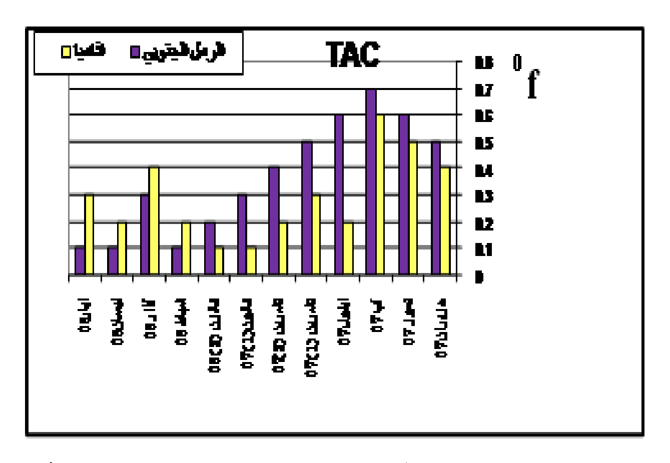
الشكل 29. متوسط تغيّرات كمية الأكسجين المنحل في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

4.1.3- العيار القلوي (T.A) والعيار القلوي الكامل (T.A.C)

تغيّرت قيم العيار القلوي في موقعي الدراسة بين 0.1 – $0.7\ ^0f$، وكانت أعلى قيمة للعيار القلوي في موقع أفاميا في شهر تموز (2007)، وأقل قيمة في شهر كانون الأول (2007)، والمتوسط هو $0.31\ ^0f$، بينما كانت أعلى قيمة له في موقع الرمل الجنوبي في شهر تموز (2007) وأقل قيمة في شهري كانون الثاني وشباط (2008)، والمتوسط $0.33\ ^0f$.

وتتغيّر قيم العيار القلوي الكامل بتغيّر كمية المياه في أنبوب الصرف، وتتأثر بكمية الأمطار التـــي تغيّـــر من تركيز المواد الموجودة في مياه الصرف، وتنخفض قيمه في أشهر الشتاء، وكانت القيم في أفاميا متراوحة بين 0.1 – 0.6 ^{0}f وأقل قيمة كانت خلال شهري كانون الأول (2007) وكانون الثاني (2008) وأعلى قيمة في شهر آب (2007)، والمتوسط هو 0.16 ^{0}f، أما في الرمل الجنوبي فتراوحت القيم بــين 0.1 – 0.7 ^{0}f وأقــل قيمة كانت خلال شهر شباط (2008) وأعلى قيمة في شهر آب (2007)، والمتوســط هــو 0.36 ^{0}f ويوضـــح الشكلان 30 و31 ذلك، وبمقارنتها مع نتائج 2004 – 2005 يلاحظ إختلافها بإختلاف الأشهر(ياسين; جرعــا، 2005).

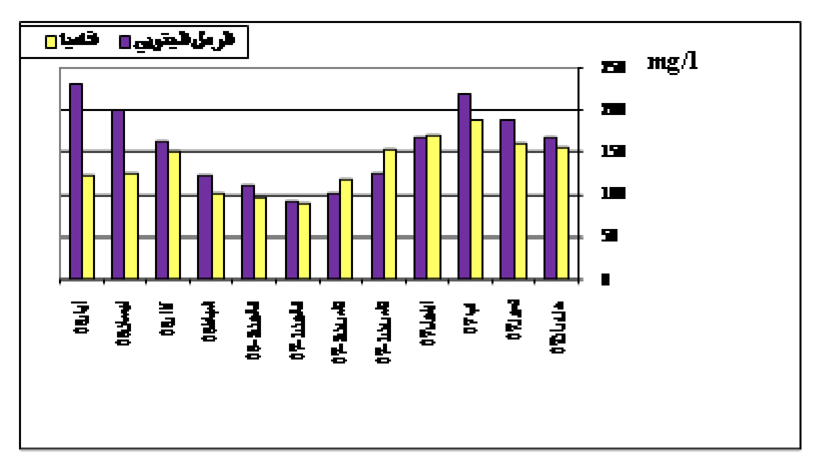
الشكل 30. متوسط تغيّرات العيار القلوي TA في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.



الشكل 31 متوسط تغيّرات العيار القلوي الكامل TAC في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

5.1.3– الإستهلاك الحيوي للأكسجين Biochemical Oxygen Demond (B.O.D)

تغيّرت قيم BOD في موقعي الدراسة، ولوحظت أدنى القيم في أشهر الشتاء وأعلاها في أشهر الصيف، وتقل كمية المياه وتزداد كمية المواد العضوية القابلة للتفكيك مع ارتفاع درجات الحرارة، وقد تراوحت تلك القيم في موقع أفاميا بين 89.35 – 188.61 ملغ/لتر لشهري كانون الأول وآب (2007) على التوالي وكان المتوسط 123.18 ملغ/لتر. أما في الرمل الجنوبي فتراوحت القيم بين 92.45 – 231.54) ملغ/لتر، وكانت القيمة الأقل في شهر كانون الأول (2007) والقيمة الأعلى في شهر أيار (2008)، وكان المتوسط 157.41 ملغ/لتر، كما يوضح الشكل 32، ويلاحظ بالمقارنة مع مثيلاتها خلال الأشهر نفسها من 2004 – 2005 أن القيم الحالية أقل (ياسين; جرعا، 2005).

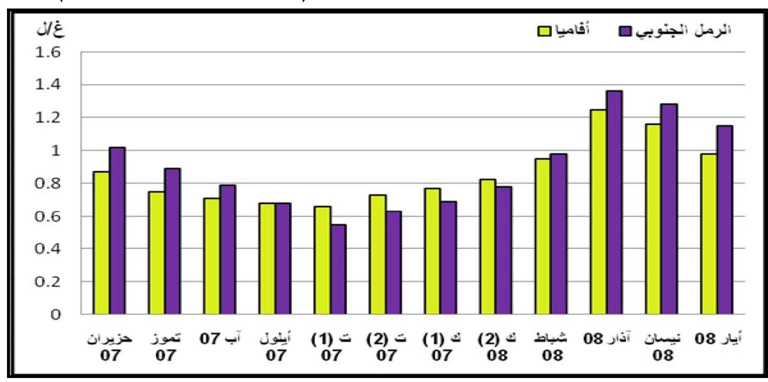


الشكل 32. متوسط تغيّرات BOD في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

يُلاحظ من الشكل 32 أن كمية المواد العضوية تزداد بدءاً من شهر نيسان لتصل أعلى قيمة في شهر آب، وتنخفض حتى أدنى قيمة في شهر كانون الأول، وبالتالي تبدأ قيم BOD بالانخفاض مع بدء أشهر الشتاء على عكس كمية الأكسجين المنحل لانخفاض نشاط الأحياء الدقيقة.

6.1.3- الأكسدة:

تغيّرت كميات الأكسجين المستهلك من قبل المواد العضوية في موقعي الدراسة في أفاميا بين 0.66 – 1.250 غ/لتر ولوحظت القيمة الدنيا في شهر تشرين الأول (2007) والأعلى في شهر آذار (2008)، أما في الرمل الجنوبي فإن القيم تراوحت بين 0.55 – 1.360 غ/لتر، وكانت القيمة الدنيا في شهر تشرين الأول (2007) والقيمة الأعلى في شهر آذار (2008)، كما هو موضحٌ في الشكل 33، وغالباً ما كانت نتائج الفترة الحالية أعلى من مثيلاتها خلال الأشهر نفسها من 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005).

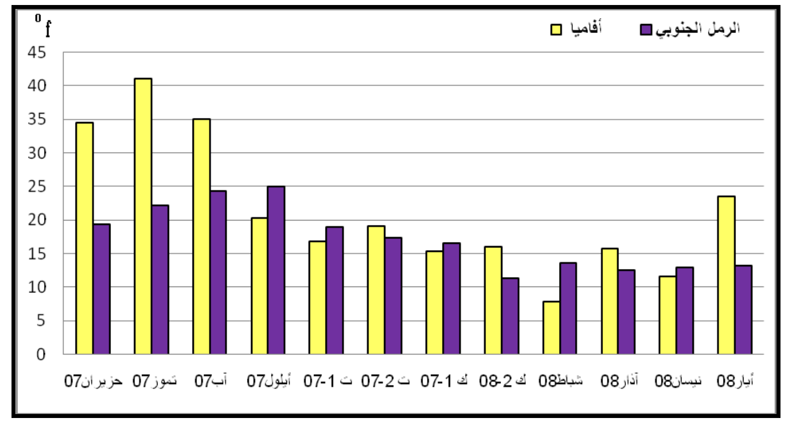


الشكل 33. متوسط تغيّرات الأكسدة في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

7.1.3- القساوة الكلية.

تراوحت قيم القساوة الكلية في موقع أفاميا بين 7.9 – 41 ^{0}f وكانت القيمة الدنيا في شهر شباط (2008)، والعليا في شهر تموز (2007) وكان المتوسط 21.41 ^{0}f، وفي موقع الرمل الجنوبي بين 11.4 – 25 ^{0}f كانت القيمة الأدنى في شهر كانون ثاني (2008) والعليا في شهر أيلول من عام (2007) وكان المتوسط

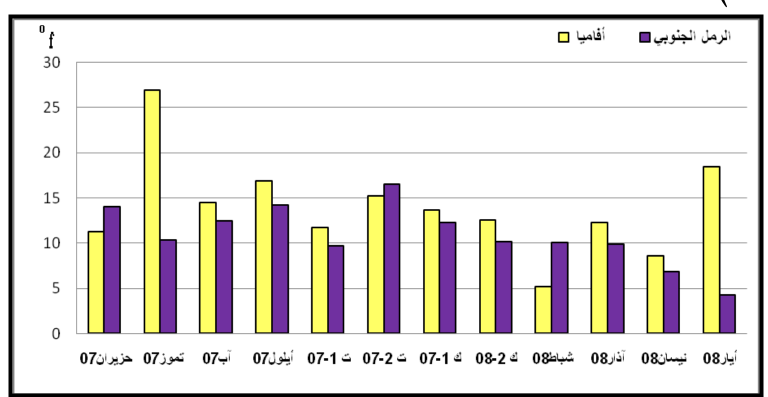
17.26 ^{0}f، كما هو موضحٌ في الشكل 34. يمكن أن تعود الزيادة في قيم القساوة الكلية في أشهر الصيف لانخفاض نسبة الماء الموجود في أنابيب الصرف إلى المخلفات. كانت النتائج متغيّرة، حسب الأشهر وموقعي الاعتيان، مقارنة مع مثيلاتها خلال الأشهر نفسها خلال 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005).



الشكل 34. متوسط تغيّرات القساوة الكلية في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

8.1.3– القساوة الكلسية.

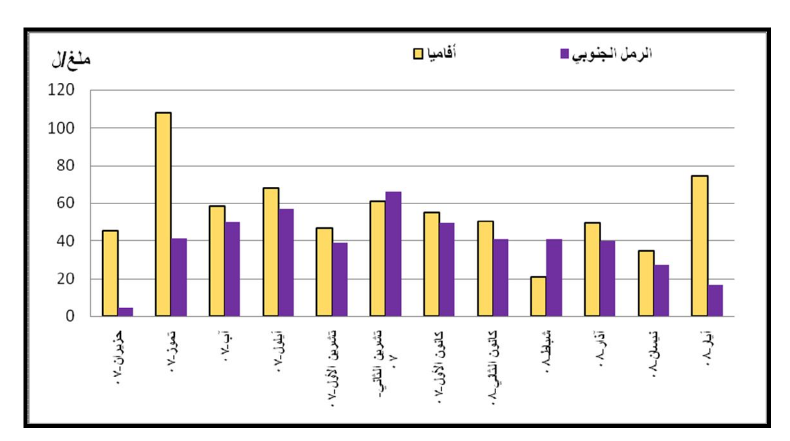
تراوحت قيم القساوة الكلسية في أفاميا بين 5.2 – 27 ^{0}f وكانت القيمة الدنيا في شهر شباط (2007) والعليا في شهر تموز (2007) وكان المتوسط 13.95 ^{0}f، أما في الرمل الجنوبي فكانت بين 4.2 – 16.5 ^{0}f وكانت القيمة الدنيا في شهر أيار (2008) والعليا في شهر تشرين الثاني من العام (2007) وكان المتوسط 10.89 ^{0}f، كما هو موضحٌ في الشكل 35. قد تعود الزيادة في قيم القساوة الكلسية لانخفاض نسبة الماء في مياه الصرف الصحي، وتغيّرت النتائج حسب الأشهر وموقعي الاعتيان بمقارنة الفترة نفسها خلال 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005).



الشكل 35. متوسط تغيّرات القساوة الكلسية في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

9.1.3 – شوارد الكلسيوم.

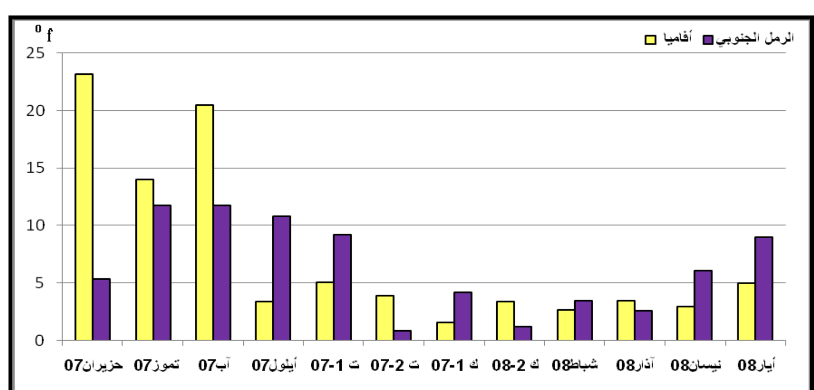
تراوحت قيم شوارد الكلسيوم في أفاميا بين 21 – 108 ملغ/ل، وكانت القيمة الدنيا في شهر شباط (2007) والعليا في شهر تموز (2007) وكان المتوسط 56 ملغ/ل، أما في الرمل الجنوبي فكانت بين 17 – 66 ملغ/ل وكانت القيمة الدنيا في شهر أيار (2008) والعليا في شهر تشرين الثاني من العام (2007) وكان المتوسط 39 ملغ/ل، كما هو موضحٌ في الشكل 36.



الشكل 36. متوسط تغيّرات شوارد الكلسيوم في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

10.1.3– القساوة المغنيزية.

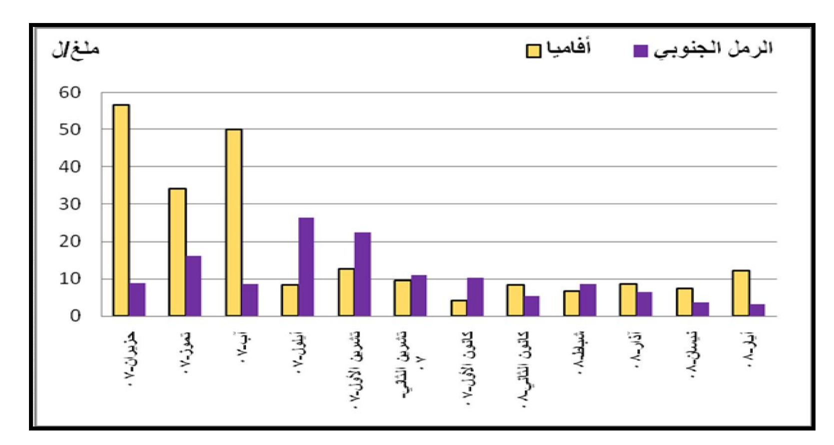
تراوحت قيم القساوة المغنيزية في أفاميا بين 1.63 – 23.2 ^{0}f، وكانت أقل قيمة في شهر كانون الأول (2007) وأعلى في شهر حزيران (2007) وكان المتوسط 7.4 ^{0}f، أما في الرمل الجنوبي فتراوحت بين 0.9 – 11.8 ^{0}f ولوحظت أدنى قيمة في شهر تشرين الثاني (2007) وأعلى قيمة في شهري تموز وآب من العام (2007) والمتوسط 6.3 ^{0}f. تتعلق قيم القساوة المغنزيومية بكمية شوارد المغنزيوم التي تصل إلى مياه الصرف الصحي بحسب المخلفات الواردة، كما هو موضحٌ في الشكل 37، وكانت النتائج متغيّرة حسب الأشهر وموقعي الاعتيان، مقارنة مع مثيلاتها خلال الأشهر نفسها من 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005).



الشكل 37. متوسط تغيّرات القساوة المغنزيومية في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

11.1.3 – شوارد المغنيزيوم.

تراوحت قيم شوارد المغنيزيوم في أفاميا بين 4 – 56 ملغ/ل، وكانت أقل قيمة في شهر كانون الأول (2007) والأعلى في شهر حزيران (2007) وكان المتوسط 53.4 ملغ/ل، أما في الرمل الجنوبي فتراوحت بين 3 – 26 ملغ/ل ولوحظت أدنى قيمة في شهر أيار (2008) وأعلى قيمة في شهري أيلول من العام (2007) والمتوسط 10.8 ملغ/ل، كما هو موضحٌ في الشكل 38.

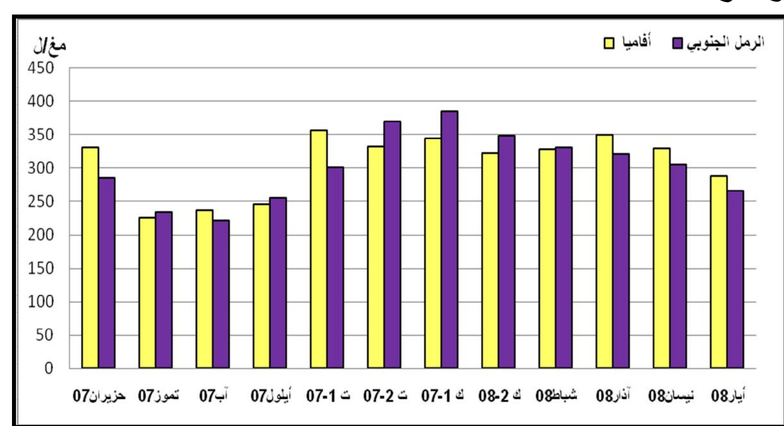


الشكل 38. متوسط تغيّرات شوارد المغنيزيوم في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

12.1.3- تركيز شوارد النترات NO_3^-.

ازداد تركيز شوارد النترات في مياه الصرف المستعملة على الحدود المسموح بها، فتراوح في موقع أفاميا بين 225.62 – 356.45 ملغ/لتر، وقد بلغت أدنى قيمة في شهر تموز وأعلى قيمة في شهر تشرين الأول من العام (2007) والمتوسط 307.73 ملغ/لتر، بينما تراوحت في موقع الرمل الجنوبي بين 221.3 – 385.38 ملغ/لتر وكانت أقل قيمة في شهر آب وأعلى قيمة في شهر كانون الأول (2007) والمتوسط 302.24 ملغ/لتر، كما هو موضح في الشكل 39، وكانت النتائج غالباً أقل من مثيلاتها خلال الأشهر نفسها خلال 2004 – 2005 حسب موقعي الاعتيان بالمقارنة (ياسين; جرعا، 2005).

إن الارتفاع في تركيز هذه الشوارد يأتي من وصول كميات كبيرة منها من مصادر مختلفة في فصل الشتاء (بعد تسميد المزروعات وريّها) إلى مياه الصرف، وتنخفض صيفاً لأن الأحياء الدقيقة تستهلكها بسبب وجود إنزيم النترات ريدوكتاز.



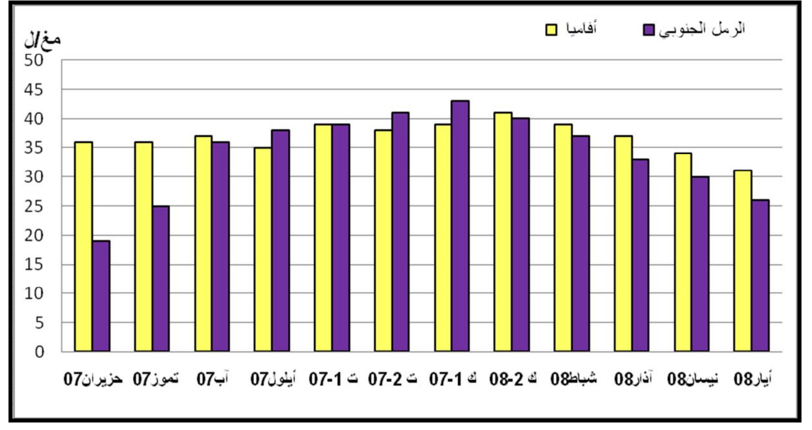
الشكل 39. متوسط تغيّرات شاردة النترات في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

13.1.3- تركيز شوارد النتريت NO_2^-.

ازداد تركيز شوارد النتريت عن الحدود المسموح بها في مياه الصرف في موقعي الدراسة، إذ تراوحت القيم في أفاميا بين 31 –41 ملغ/لتر، وقد بلغت أعلى قيمة في شهر كانون الثاني (2008) وأدنى قيمة في شهر أيار (2008)، والمتوسط 36 ملغ/لتر، بينما تراوحت قيم النتريت في الرمل الجنوبي بين 19 – 43 ملغ/لتر، وكانت أقل قيمة في شهر حزيران (2007)، وأعلى قيمة في شهر كانون الأول (2007) والمتوسط

33 ملغ/لتر، والشكل 40 يوضح تغيّرات تركيز النتريت في مياه الصرف المدروسة، وتغيّرت النتائج الحالية حسب الأشهر وموقعي الاعتيان مقارنة مع مثيلاتها خلال الأشهر نفسها من 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005).

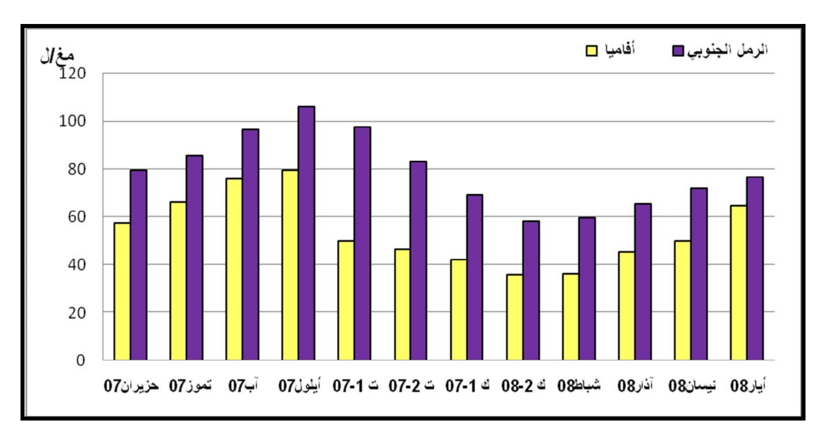
يزداد تركيز شوارد النتريت عند انحلالها في مياه الأمطار وعند تفكيك المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف بوساطة الأحياء الدقيقة.



الشكل 40. متوسط تغيّرات شاردة النتريت في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

14.1.3– تركيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2}.

تراوح تركيز شوارد الكبريتات في أفاميا بين 35.95 – 79.46 ملغ/لتر وبلغت أعلى قيمة في أيلول (2007) وأدنى قيمة في كانون الثاني (2008) والمتوسط 54.26 ملغ/لتر، بينما كانت قيم الكبريتات في الرمل الجنوبي بين 58.4 – 106.8 ملغ/لتر وكانت أقل قيمة في كانون الثاني (2008) وأعلاها في أيلول (2007) وكان المتوسط 79.27 ملغ/لتر، والشكل 41 يوضح تغيّرات تركيز الكبريتات في مياه الصرف المدروسة، وكانت النتائج غالباً أقل حسب الأشهر وموقعي الاعتيان مقارنة مع مثيلاتها خلال الأشهر نفسها من 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005

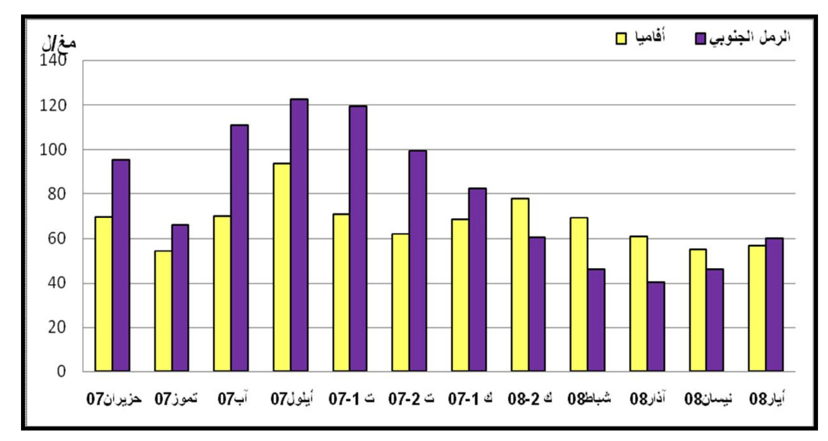


الشكل 41. متوسط تغيّرات شاردة الكبريتات في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

تُلاحظ زيادة تركيز الكبريتات في موقعي الدراسة بدءاً من بداية فصل الربيع، لتبلغ أعلى قيمة لهـــا فـــي منتصف فصل الصيف، ثم تبدأ بالانخفاض في نهاية فصل الخريف نتيجة انخفاض نشاط الأحياء الدقيقة فـــي هذه الفترة بتحويل المواد الكبريتية إلى شوارد الكبريتات.

15.1.3- تركيز شاردة الأمونيوم NH_4^+.

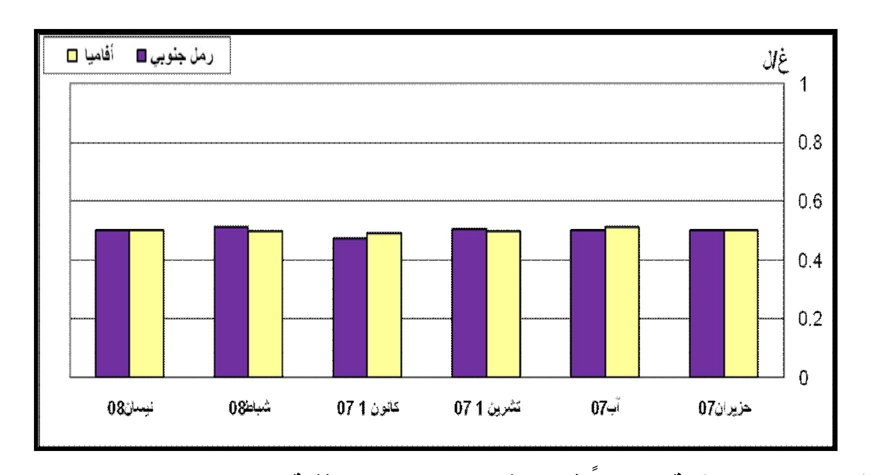
تراوحت قيم شوارد الأمونيوم في مياه الصرف في أفاميا بين 54.3 – 93.73 ملغ/لتر، وبلغت أعلى قيمة في شهر أيلول (2007) وأدنى قيمة في تموز (2007) وكان المتوسط 67.3 ملغ/لتر، بينما تراوحت قيمها في الرمل الجنوبي بين 40.36 – 122.45 ملغ/لتر وكانت أقل قيمة في شهر آذار (2008) وأعلاها في شهر أيلول (2007) والمتوسط 79 ملغ/لتر، كما هو موضحٌ بالشكل 42، وكانت النتائج متغيّرة حسب الأشهر وموقعي الاعتيان بالمقارنة مع مثيلاتها خلال الأشهر نفسها من 2004 – 2005 (ياسين; جرعا، 2005)، ويعود ارتفاع تركيز هذه الشوارد صيفاً لزيادة تركيز المخلفات، مقارنة بانخفاض كمية المياه، إضافة لتفكيك المواد العضوية بفعل الأحياء الدقيقة، أما انخفاضها شتاءً فيعود لانخفاض نشاط الأحياء الدقيقة.



الشكل 42. متوسط تغيّرات شاردة الأمونيوم في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

16.1.3- تركيز المواد الفعّالة سطحياً.

قيس تغيّر تركيز المواد الفعّالة المدروسة الموجودة في مياه الصرف التي جمعت كل شهرين، بسبب توريد مياه الصرف المستمر مما لا يسمح بملاحظة التفكيك الطبيعي الذي تقوم به الأحياء المختلفة، وكانت أدنى قيمة في موقع أفاميا هي 0.492 غ/ل في شهر كانون الأول (2007) وأعلى قيمة في شهر آب (2007) وهي 0.512 غ/ل، أما في موقع الرمل الجنوبي فكانت أدنى قيمة 0.475 غ/ل في شهر كانون الأول (2007) وأعلى قيمة 0.510 غ/ل في شهر شباط (2008) كما في الشكل 43، ويعود التقارب في قيم المواد الفعّالة سطحياً في موقعي الدراسة لوصول نسبة مرتفعة من المنظفات، نتيجة وجود كثافة سكانية عالية في كلا الموقعين، إضافة إلى النشاطات الاجتماعية والاقتصادية المتنوعة.



الشكل 43. متوسط تغيّرات المواد الفعّالة سطحياً في موقعي الاعتيان باللاذقية خلال الفترة من حزيران 2007 إلى أيار 2008.

يبيّن الجدولان 25 و26 أهم التغيّرات التي تطرأ على مياه الصرف في موقعي الدراسة.

الجدول (25) تغيّرات المؤشرات المدروسة في مياه الصرف لموقع أفاميا باللاذقية خلال الفترة من حزيران

الشهر / البارمتر	الحرارة	pH	O_2 المنحل	BOD	الأكسدة	TA	TAC	T H	Ca H	Mg H
الواحدة	°C		ملغ/ل	ملغ/ل	ملغ/ل	°f	°f	°f	°f	ملغ/ل
حزيران ٢٠٠٧	22	6.88	0.06	155.48	0.87	0.3	0.4	34.5	11.3	**23.2**
تموز ٢٠٠٧	23.2	6.91	**0.05**	161.25	0.75	**0.7**	0.5	**41.0**	**27.0**	14
آب ٢٠٠٧	23.6	6.95	0.12	**188.61**	0.71	0.6	**0.6**	35.0	14.5	20.5
أيلول ٢٠٠٧	**25.9**	7.78	0.35	169.30	0.68	0.4	0.2	20.3	16.9	3.4
تشرين١- ٢٠٠٧	17.6	7.57	0.596	153.46	**0.66**	0.4	0.3	16.83	11.7	5.1
تشرين٢- ٢٠٠٧	15.9	7.23	0.968	117.41	0.73	0.3	0.2	19.1	15.2	3.9
كانون١- ٢٠٠٧	10.28	7.18	**0.975**	**89.35**	0.77	**0.1**	**0.1**	15.33	13.7	**1.63**
كانون٢- ٢٠٠٨	**8.99**	7.15	0.876	97.58	0.82	**0.1**	**0.1**	16.04	12.6	3.4
شباط ٢٠٠٨	16.5	7.11	0.836	102.39	0.95	0.2	0.2	**7.90**	**5.2**	2.7
آذار ٢٠٠٨	18.6	7.02	0.685	151.98	**1.25**	0.2	0.4	15.82	12.3	3.5
نيسان ٢٠٠٨	18.9	6.81	0.669	123.88	1.16	0.2	0.2	11.60	8.6	3
أيار ٢٠٠٨	19.4	6.86	0.754	123	0.98	0.3	0.3	23.50	18.5	5

الجدول (26) تغيّرات المؤشرات المدروسة في موقع الرمل الجنوبي باللاذقية خلال الفترة من

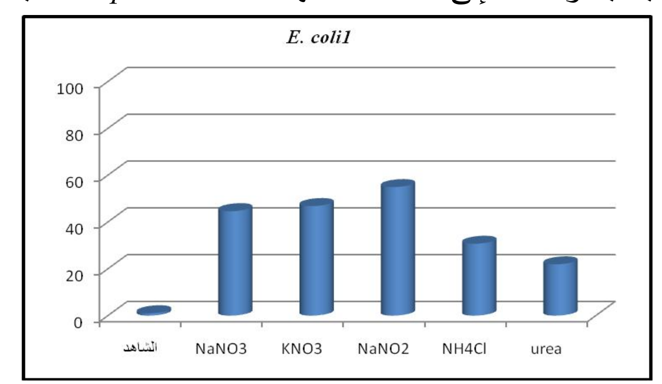
الشهر / المؤشر	الحرارة	pH	O_2 المنحل	BOD	الأكسدة	TA	TAC	T H	Ca H	Surfactants	NH_4^+	SO_4^{-2}	NO_2^-	NO_3^-
الواحدة	°C		ملغ/ل			˚f								
حزيران ٢٠٠٧	**26.6**	7.55	**0.05**	167.5	1.02	0.4	0.5	19.4	14	0.502	69.55	57.64	36	331.25
تموز ٢٠٠٧	23.5	**7.67**	0.22	187.6	0.89	**0.7**	0.6	22.1	10.3		**54.30**	66.47	36	**225.62**
آب ٢٠٠٧	23	7.38	0.411	220.45	0.79	0.6	**0.7**	24.3	12.5	**0.512**	69.80	75.89	37	236.12
أيلول ٢٠٠٧	22.5	7.18	0.635	167.3	0.68	0.5	0.6	**25**	14.2		**93.73**	**79.46**	35	246.23
تشرين١- ٢٠٠٧	23	7.22	0.745	125.47	**0.55**	0.3	0.5	18.9	9.7	0.496	71.00	50.21	39	**356.45**
تشرين٢- ٢٠٠٧	17.4	7.19	0.932	100.39	0.63	0.2	0.4	17.4	**16.5**		62.03	46.58	38	332.64
كانون١- ٢٠٠٧	**9.6**	7.08	0.911	**92.45**	0.69	0.2	0.3	16.5	12.3	**0.492**	68.45	42.13	39	345.17
كانون٢- ٢٠٠٨	9.8	**7.02**	**0.978**	110.8	0.78	**0.1**	0.2	**11.4**	10.2		77.65	**35.95**	**41**	322.41
شباط ٢٠٠٨	15.2	7.31	0.929	122.34	0.98	**0.1**	**0.1**	13.6	10.1	0.496	69.24	36.47	39	328.49
آذار ٢٠٠٨	19.2	7.38	0.882	163.83	**1.36**	0.2	0.3	12.5	9.9		60.67	45.31	37	350.48
نيسان ٢٠٠٨	19.8	7.44	0.625	199.33	1.28	0.3	0.1	12.9	6.8	0.500	54.82	50.17	34	329.47
أيار ٢٠٠٨	22	7.49	0.501	**231.54**	1.15	0.4	0.1	13.2	**4.2**		56.37	64.85	**31**	288.46

Surfactants	NH_4^+	SO_4^{-2}	NO_2^-	NO_3^-	Mg H
ملغ/ل					
0.500	95.33	79.46	**19**	285.46	5.4
	65.78	85.69	25	233.5	**11.8**
0.502	110.65	96.7	36	**221.3**	**11.8**
	122.45	**106.4**	38	255.39	10.8
0.504	119.37	97.5	39	301.98	9.2
	99.47	83.4	41	370.67	**0.9**
0.475	82.34	69.3	**43**	**385.38**	4.2
	60.41	**58.4**	٤٠	348.99	1.2
0.510	45.91	59.8	37	331.27	3.5
	40.36	65.7	33	321.51	2.6
0.502	46.15	71.9	٣٠	305.69	6.1
	59.78	76.7	26	265.81	9

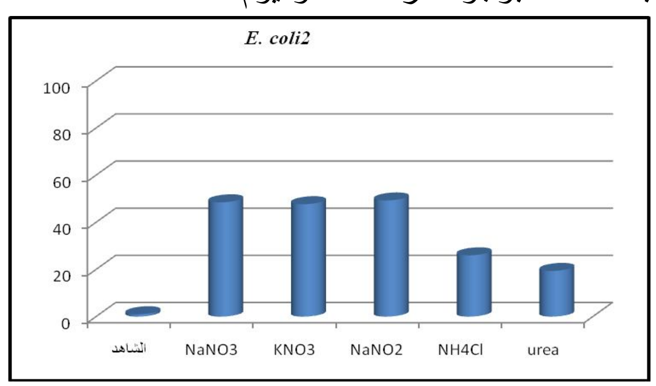
2.3- نتائج التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً في أوساط زرعية صنعية سائلة.

1.2.3- نتائج التفكيك الحيوي لمركبات LASs بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني.

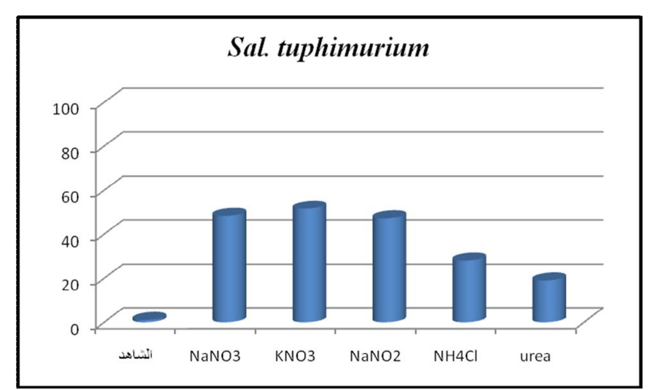
يلاحظ في الأشكال من 44- 52 أن جميع السلالات، بشكل منفصل ومجتمعة معاً، فككت LASs مع تغيّر المصدر النتروجيني بنسب متفاوتة، مفضلةً في الغالب أملاح النترات على باقي الأملاح النتروجينية، والأحياء المستعملة في الأشكال 44 – 47 أن كانت ضعيفة التفكيك لمركبات LASs بوجود كلور الأمونيوم واليوريا مقارنة بما هو ملاحظ بالأشكال 48- 51 وأفضل السلالات تفكيكاً بشكل عام *Pseudomonas.sp* بنسبة وصلت إلى 85.5%، تلتها *Sta. epidermidis 2* بنسبة 80.5% بوجود نترات الصوديوم.



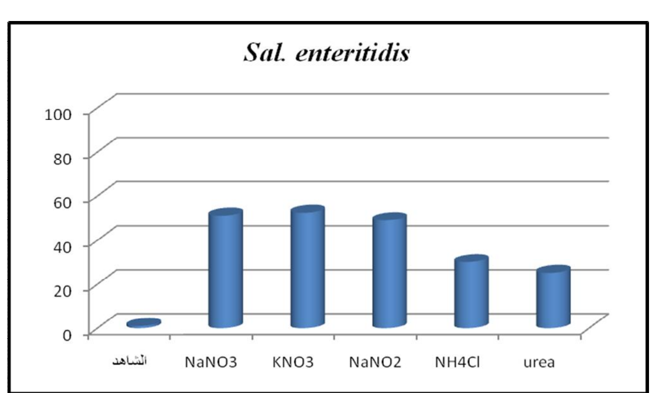
الشكل 44. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *E. coli1* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.



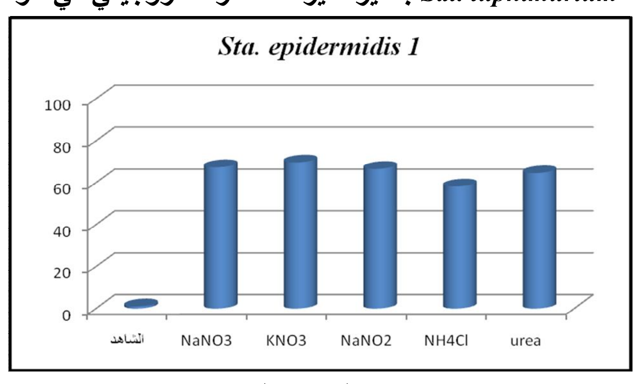
الشكل 45. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *E. coli2* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.



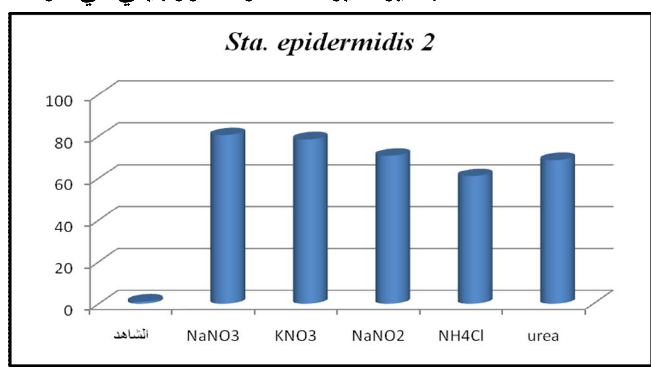
الشكل 46. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *Sal. tuphimurium* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.



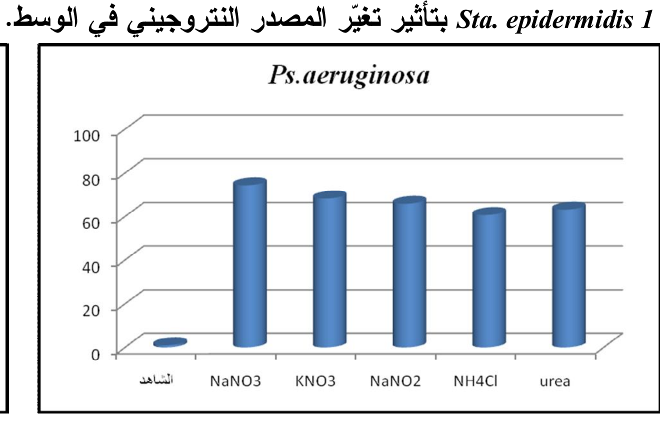
الشكل 47. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *Sal. enteritidis* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.



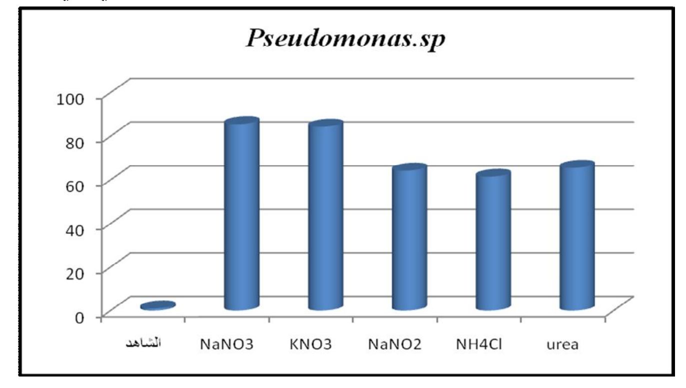
الشكل 48. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *Sta. epidermidis 1* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.



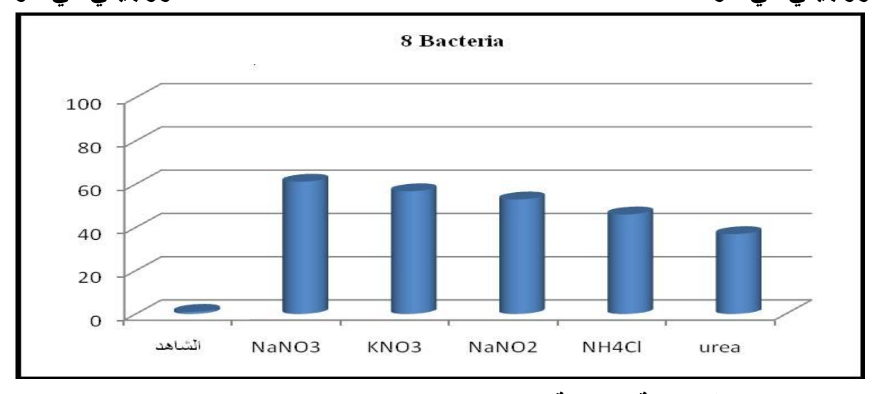
الشكل 49. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *Sta. epidermidis 2* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.



الشكل 50. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *Ps.aeruginosa* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.



الشكل 51. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال *Pseudomonas.sp* بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.

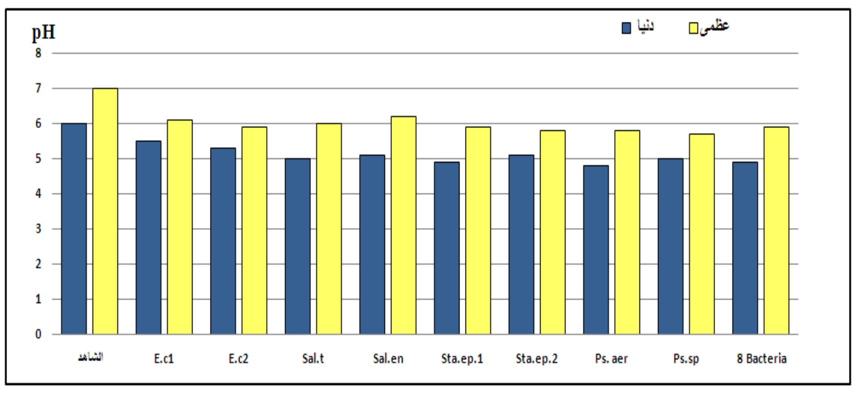


الشكل 52. متوسط النسبة المئوية لتفكيك LASs باستعمال جميع السلالات المنتقاة مع بعضها

بتأثير تغيّر المصدر النتروجيني في الوسط.

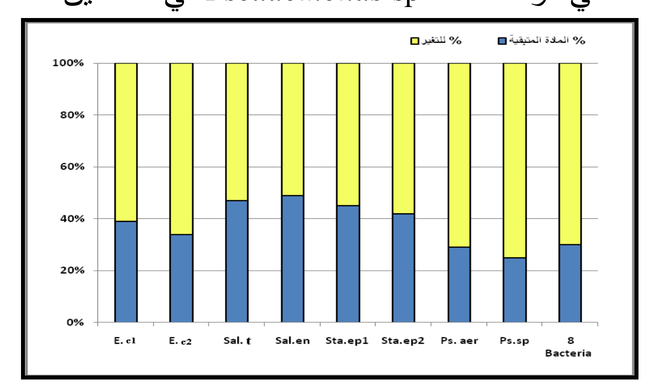
2.2.3- نتائج التفكيك الحيوي LASs في وسط صنعي يحتوي قيم الحدود الدنيا والعظمى لمؤشرات مياه الصرف الصحي باللاذقية.

يُلاحظ في الشكل 53 انخفاض قيم درجة الحموضة في كلا وسطي الدراسة، بسبب زيادة تركيز الشوارد السالبة أثناء عملية التفكيك الناتجة عن ازدياد شوارد الكبريتات في الوسط، ولوحظت انخفاض درجة الحموضة بوجود *Pseudomonas sp* وبلغت 5.7.

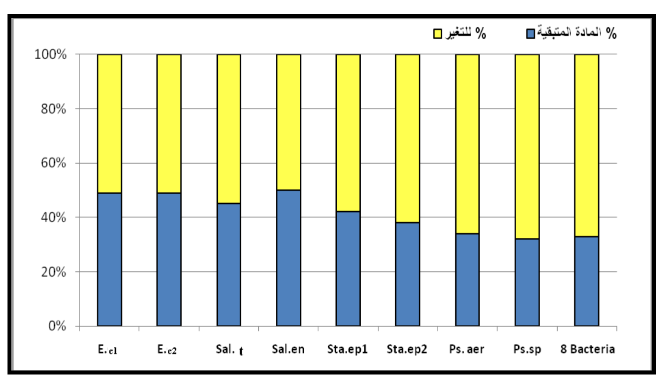


الشكل 53. متوسط تغيّرات قيم pH في الوسط الحاوي القيم الدنيا والقيم العظمى.

الشكلان 54 و55 فيُلاحظ فيهما انخفاض تركيز الأكسجين المنحّل بشكل كبير، بسبب نشاط الجراثيم المستعملة، ووصلت نسبة انخفاضه في الوسط حتى 75% في الوسط الأول (القيم الدنيا) و68% في الوسط الثاني، وذلك عند *Pseudomonas* sp في الحالتين.

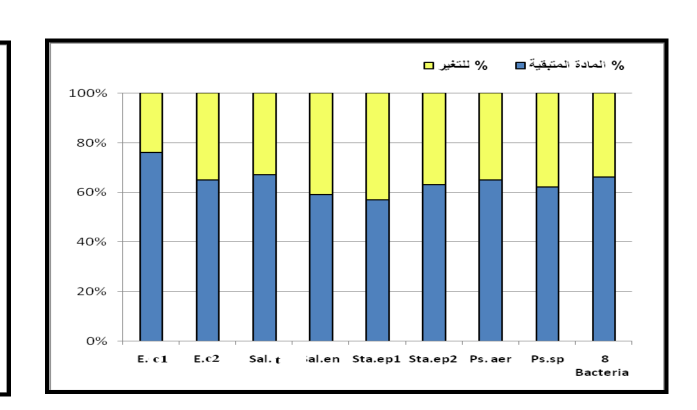


الشكل 54. متوسط النسبة المئوية لتغيّرات الأكسجين المنحل في الوسط الحاوي القيم الدنيا.

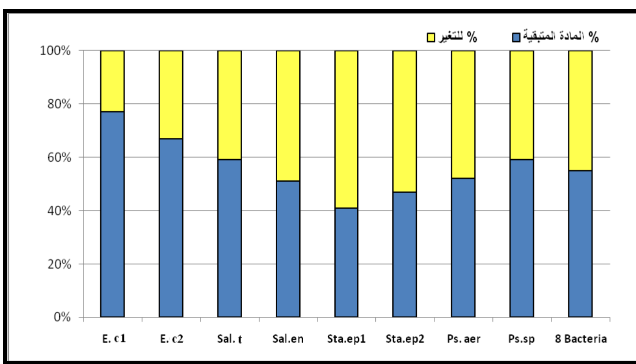


الشكل 55. متوسط النسبة المئوية لتغيّرات الأكسجين المنحل في الوسط الحاوي القيم العظمى.

يُلاحظ في الشكلين 56 و57 انخفاض COD في الوسطين وبلغت أعلى قيمة 41% في الوسط الأول و59% في الوسط الثاني، ولوحظت عند *Staphylococcus epidermidis1* في كلا الحالتين.



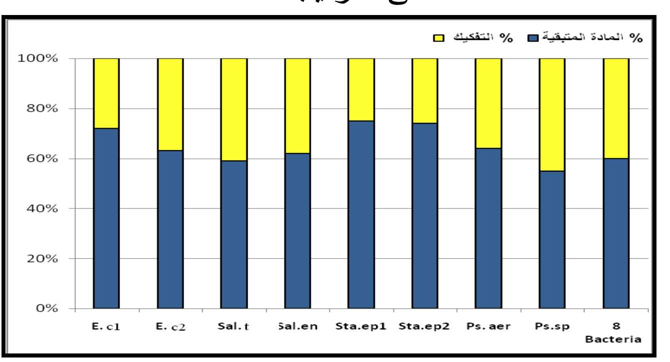
الشكل 56. متوسط النسبة المئوية لتغيّرات COD في الوسط الحاوي القيم الدنيا.



الشكل 57. متوسط النسبة المئوية لتغيّرات COD في الوسط الحاوي القيم العظمى.

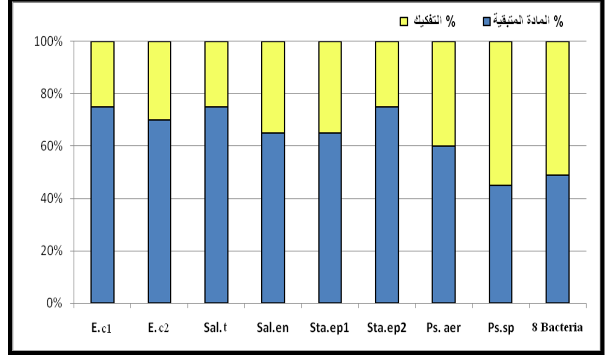
يُلاحظ في الشكلين 58 و59 انخفاض تركيز شوارد النترات في الوسطين، وتراوحت نسبة التفكيك بين 18 – 36% في الوسط الأول، ولوحظت عند *Sta. epidermidis1* و *E.coli 1* على الترتيب، أما في حال الوسط الثاني فكانت عند *Sta.epidermidis1* و *Pseudomonas sp* 25 – 45%، على الترتيب.

الشكل 58. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لشوارد النترات NO_3^- في الوسط الحاوي القيم الدنيا.

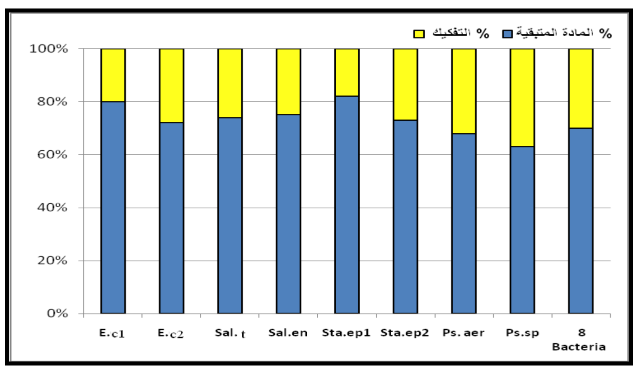


الشكل 59. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لشوارد النترات NO_3^- في الوسط الحاوي القيم العظمى

لوحظ أيضاً انخفاض تركيز شوارد النتريت في كلا الوسطين، كما هو موضح في الشكلين 60 و61 وتراوحت نسبة التفكيك بين 25 – 55% ولوحظت أقل قيمة عند *E.coli 1* و *Salmonella tuphimurium* و *Staphylococcus epidermidis2*، أما أعلى قيمة فكانت بوجود *sp Pseudomonas* وذلك في الوسط الأول، أما في الوسط الثاني فتراوحت نسبة التفكيك بين 18 – 37% عند *Staphylococcus epidermidis1* و *Pseudomonas sp* على الترتيب.



الشكل 60. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لشوارد



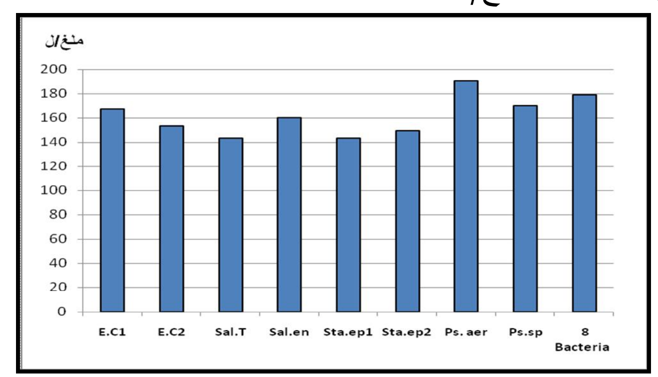
الشكل 61. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لشوارد النتريت

النتريت NO_2^- في الوسط الحاوي القيم الدنيا.

NO_2^- في الوسط الحاوي القيم العظمى.

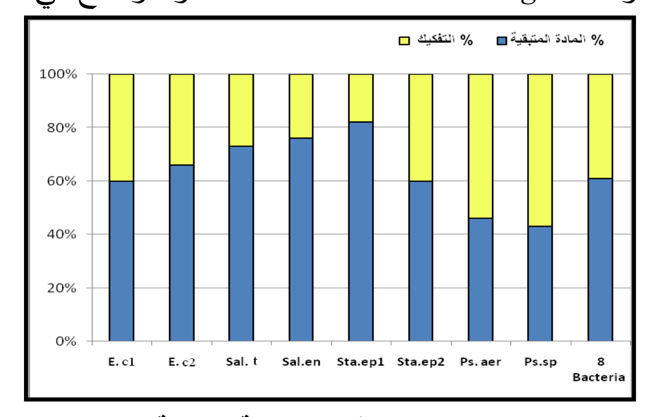
يلاحظ في الشكلين 62 و63 زيادة تركيز شوارد الكبريتات في الوسط نتيجة لتفكيك LASs بوساطة السلالات المستعملة، إذ تتحرر شوارد الكبريتات في أثناء عملية التفكيك، وتراوحت الزيادة في الوسط الأول بين 48 – 82 ملغ/ل، أما في الوسط الثاني فكانت بين 43 – 90 ملغ/ل.

الشكل 62. متوسط تغيّرات تركيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط الحاوي القيم الدنيا.

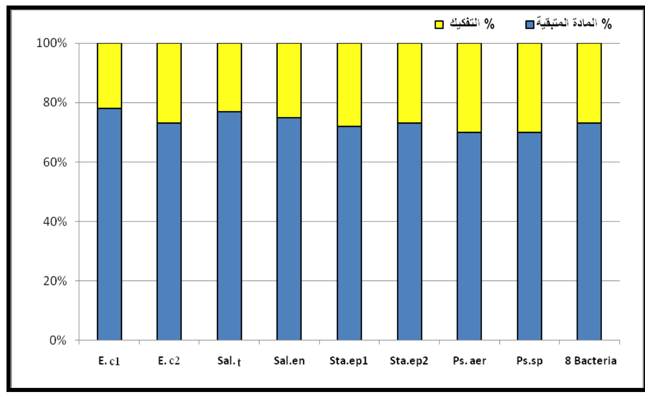


الشكل 63. متوسط تغيّرات تركيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط الحاوي القيم العظمى.

انخفض تركيز شوارد الأمونيوم في وسطي الدراسة، وتراوحت نسبة التفكيك في الوسط الأول بين 18 – 57% عند *Staphylococcus epidermidis1* و *Pseudomonas sp* على الترتيب، وكانت نسبة التفكيك بين 22 – 30% إذ كانت أقل نسبة تفكيك عند *E.coli 1*، ولوحظت أعلى نسبة تفكيك عند *Pseudomonas sp* و *Pseudomonas aeruginosa*، كما هو موضحٌ في الشكلين 64 و65.

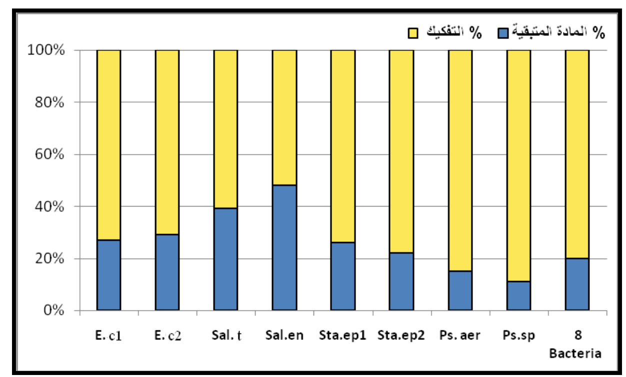


الشكل 64. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لشوارد الأمونيوم NH_4^+ في الوسط الحاوي القيم الدنيا.

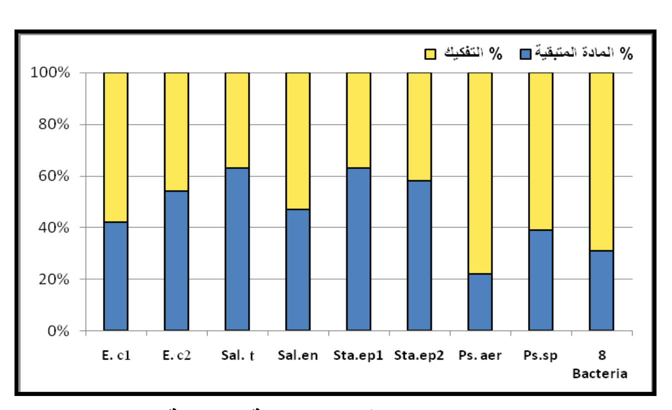


الشكل 65. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لشوارد الأمونيوم NH_4^+ في الوسط الحاوي القيم العظمى.

يلاحظ في الشكلين 66 و67 أن مادة LASs تفككت في كلا الوسطين، وأن التفكيك في الوسط الأول 400 ملغ/ل كان أفضل بشكل عام من التفكيك في الوسط الثاني 500 ملغ/ل، علماً أن أفضل نسبة للتفكيك 89% كانت بوجود *Pseudomonas sp* في الوسط الأول، وكانت *Pseudomonas aeruginosa* الأفضل تفكيكاً في الوسط الثاني بنسبة 78%.



الشكل 66. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لمركبات C12-LASs في الوسط الحاوي القيم الدنيا.

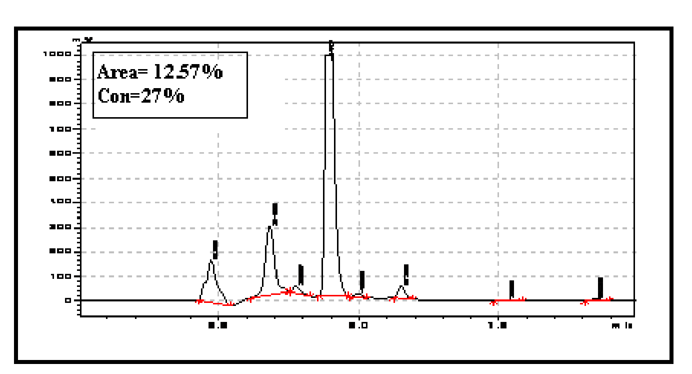


الشكل 67. متوسط تغيّرات النسبة المئوية لمركبات C12-LASs في الوسط الحاوي القيم العظمى.

تبين الأشكال من 68 – 87 نتائج دراسة التفكيك الحيوي لسلفونات الألكيل بنزن الخطية LASs في وسط صنعي في ظروف الحدود الدنيا والعظمى للخواص الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي باللاذقية بوساطة الكروماتوغرافيا.

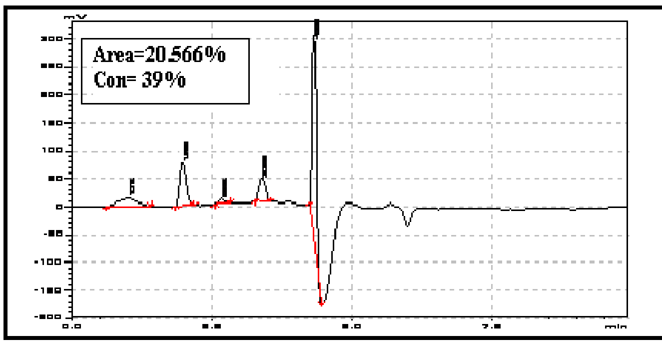
<u>ملاحظة:</u> لم يحسب BOD نظراً إلى أن التجربة أجريت خلال 72 ساعة بينما تحتاج تجربة BOD خمسة أيام إضافة إلى اختلاف درجة حرارة حضن العينة أيضاً.

الشكل 68. تركيز C12-LASs بوجود شاهد الحد الأدنى (400 ppm).



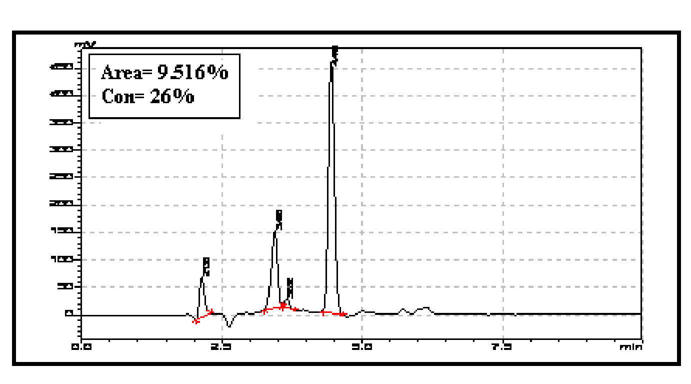
الشكل 69. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *E.coli 1*.

الشكل 70. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *E.coli 2*.



الشكل 71. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *Sal.typhimorum*.

الشكل 72. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *Sal.entridis*.

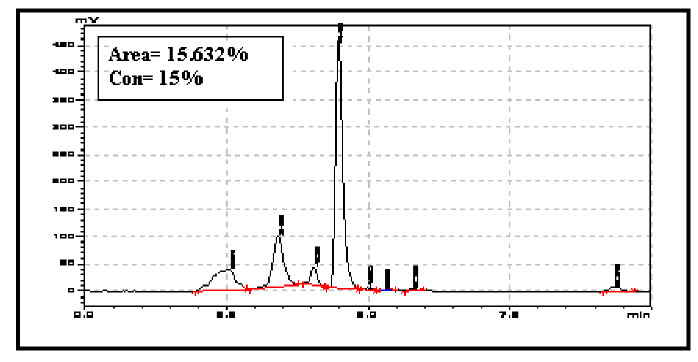




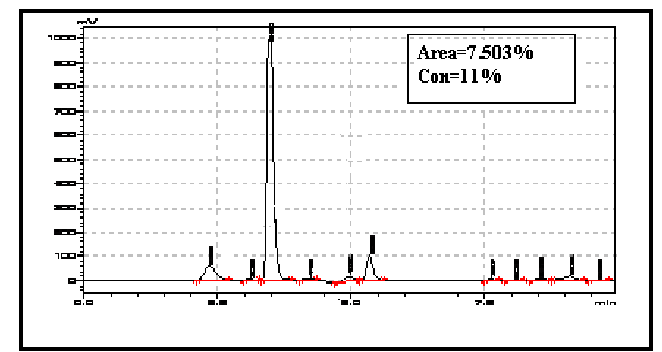
الشكل 73. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *Sta. epidirmidis1*.



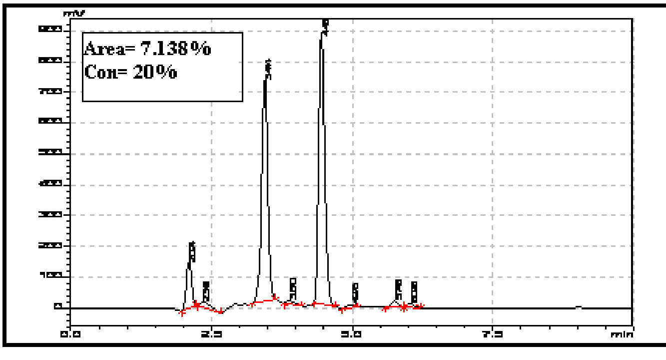
الشكل 74. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *Sta. epidirmidis2*.



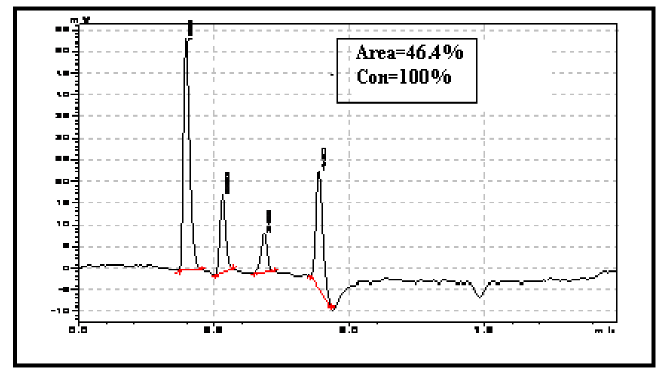
الشكل 75. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *Ps.aeruginosa*.



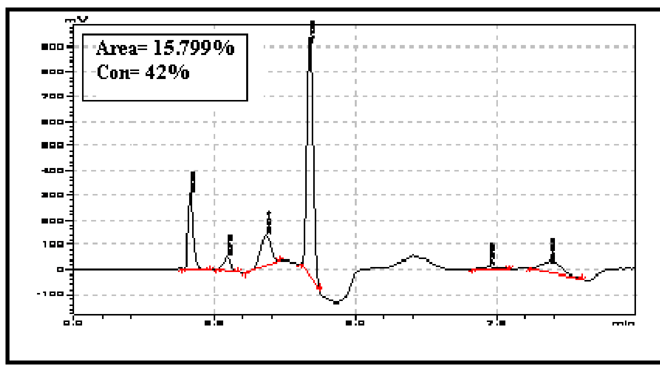
الشكل 76. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود *Pseudomonas sp*.



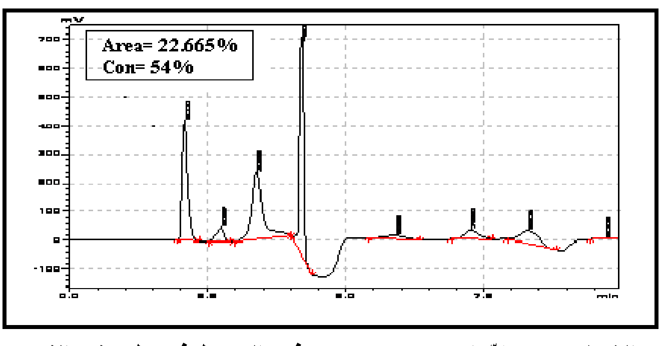
الشكل 77. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم الدنيا بوجود السلالات كلها مجتمعة.



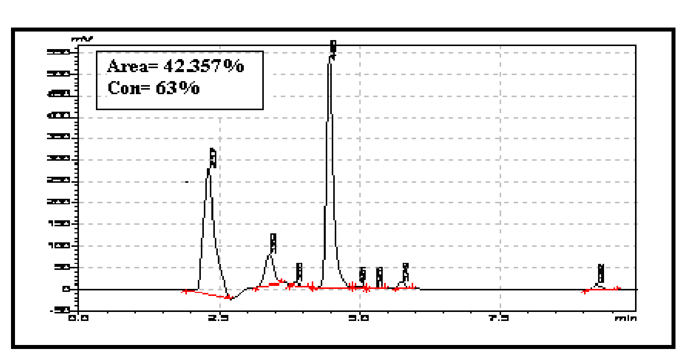
الشكل 78. تركيز C12-LASs بوجود شاهد الحد الأعلى (500 ppm).



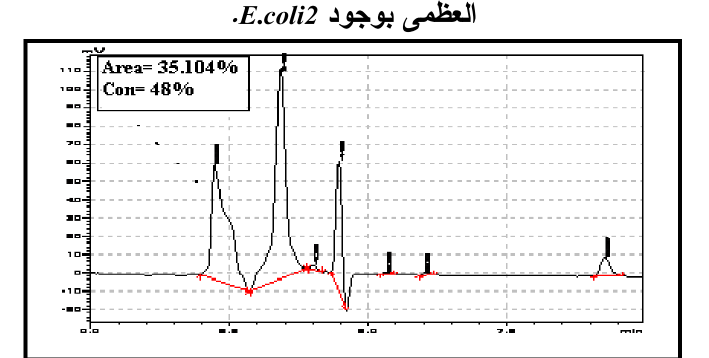
الشكل 79. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *E.coli 1*.



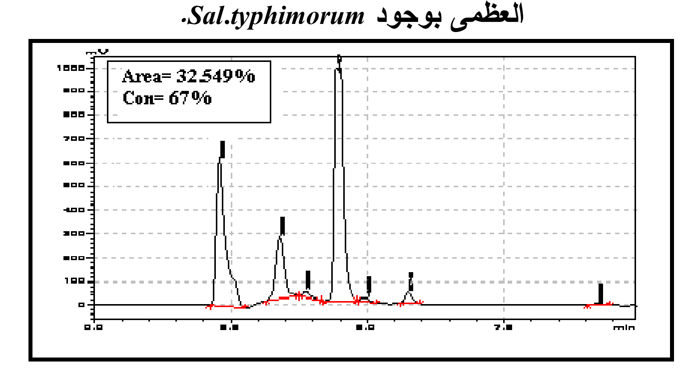
الشكل 80. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *E.coli2*.



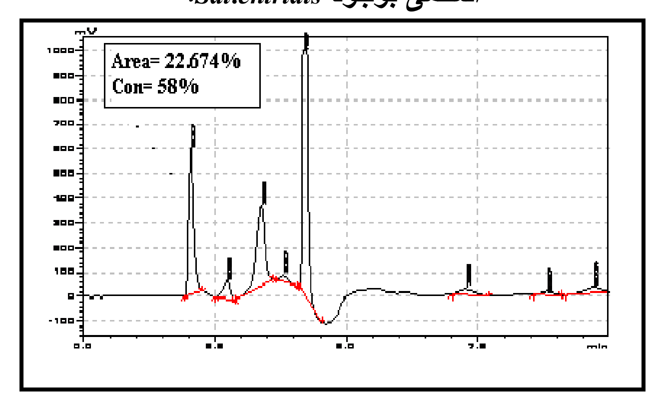
الشكل 81. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *Sal.typhimorum*.



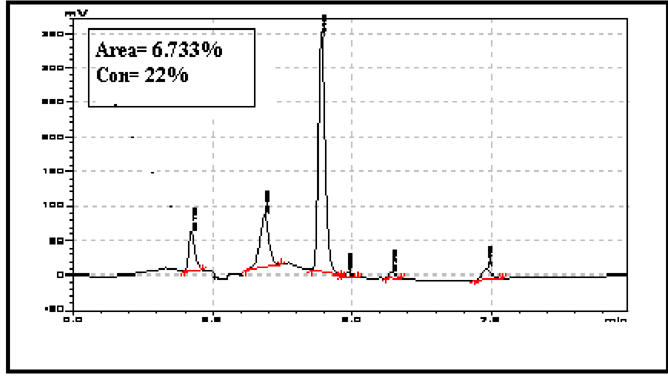
الشكل 82. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *Sal.entridis*.



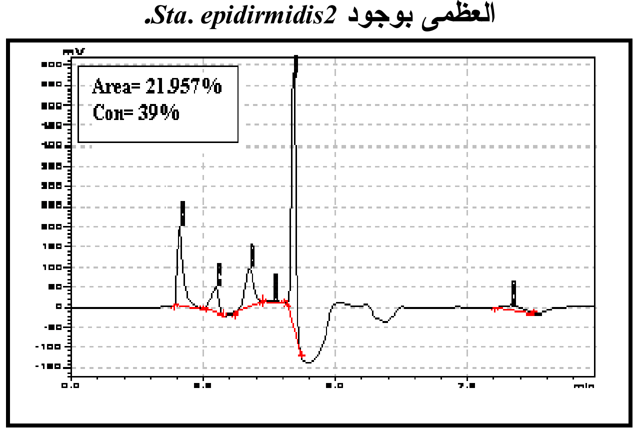
الشكل 83. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *Sta. epidirmidis1*.



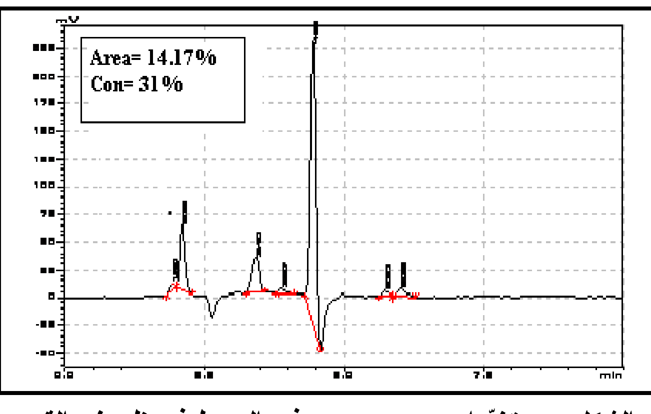
الشكل 84. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *Sta. epidirmidis2*.



الشكل 85. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *Ps.aeruginosa*.



الشكل 86. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود *Pseudomonas sp*.



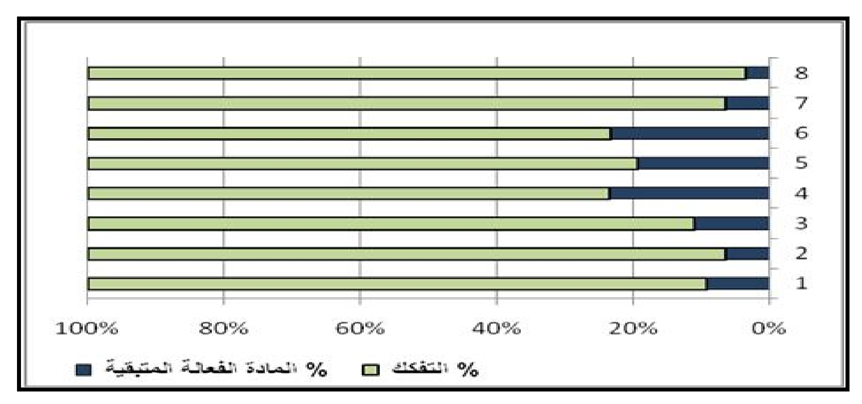
الشكل 87. تغيّرات C12-LASs في الوسط في ظروف القيم العظمى بوجود السلالات جميعها معاً.

3.2.3- التفكيك الحيوي لسلفات دوديسيل الصوديوم في وسط صنعي سائل ومفكك من قبل المزارع الجرثومية المعزولة في ظروف مختلفة.

فيمايلي نتائج دراسة التفكيك الحيوي لمادة SDSs بصفتها مصدراً وحيداً للكربون والطاقة بوساطة الجراثيم المعزولة.

1.3.2.3- التفكيك الحيوي لتراكيز مختلفة من SDSs في وسط الزرع الصنعي.

يوضح الشكل 88 أن جميع السلالات الجرثومية فككت المادة الفعّالة المدروسة ذات التركيز 100 ملغ/ل بشكلٍ عالٍ وتجاوزت 70%، وأن الأفضل تفكيكاً هي *Sta. epidermidis* 2 و *E.coli 2* و *Ps.aeruginosa* و *E.coli 1* إذ بلغت نسبة التفكيك بين 90 – 96%.



E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal. tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis 1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 88. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز 100 ملغ/ل.

أما في تركيز 200 ملغ/ل فكانت *E.coli1* الأفضل تفكيكاً بنسبة 95.29%، و *Ps.aeruginosa* بنسبة بلغت 94.4% والشكل 89 يوضح ذلك. وكانت جميع السلالات المستعملة جيدة التفكيك بنسبة تجاوزت 80% عند معظمها.

E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal. tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis 1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7

Sta. epidermidis 2	8

الشكل 89. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز200 ملغ/ل.

وبوجود تركيز 300 ملغ/ل كان *Ps.aeruginosa* و *E.coli 1* هما الأفضل تفكيكاً بنسبة (96.3% و92.96%) على الترتيب، وهذا ما يوضحه الشكل 90، كما أن كل الأنواع الجرثومية المستعملة تفكك المادة الفعّالة المدروسة بشكل جيد وبنسبة تتجاوز 75%.

E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal.tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis2	8

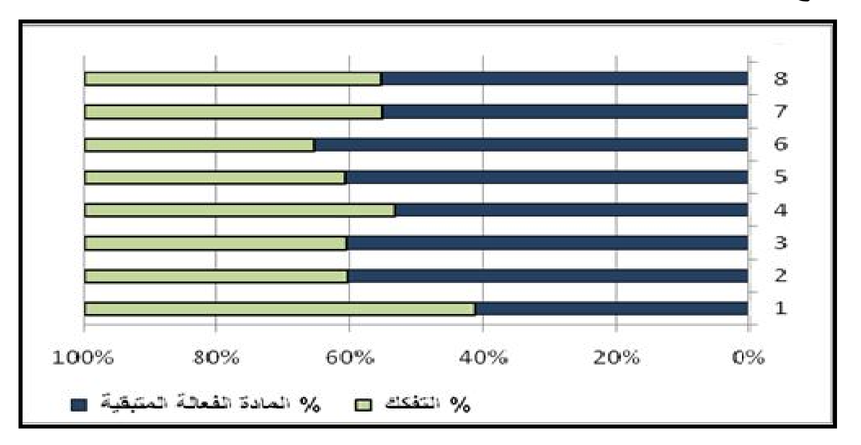
الشكل 90. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز300 ملغ/ل.

يوضح الشكل 91، عند تركيز 400 ملغ/ ل وسط القريب من التراكيز الطبيعية للمادة الفعّالة سطحياً لموقعي الدراسة في مياه الصرف الصحي، أن التفكيك كان جيداً عند أغلب الأنواع، وكانت *E.coli1* هي الأفضل فوصلت نسبة التفكيك إلى 89.12%، إضافة إلى *Salmonella typhimurium* ووصل التفكيك إلى 87.42%، أما سلالتي **1,2** *Sta. epidermidis* فكانت متوسطة التفكيك مقارنة بباقي الأحياء الأخرى إذ بلغت نسبة التفكيك (55.78% و49.25%) على الترتيب.

E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal. tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis 1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 91. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز400 ملغ/ل.

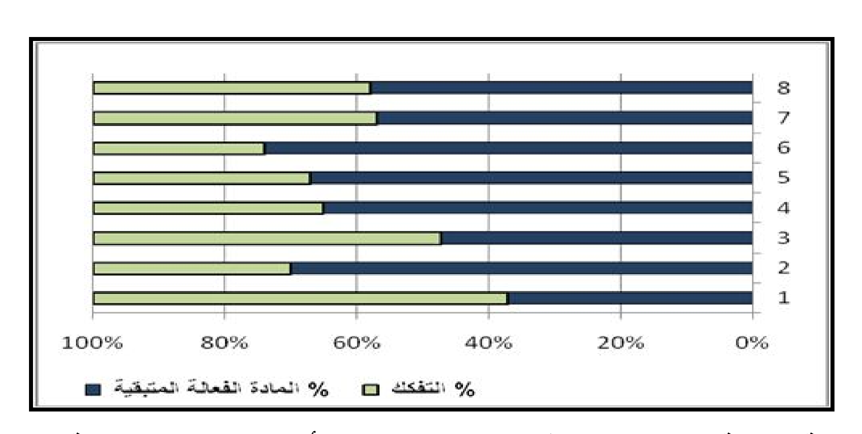
يلاحظ من الشكل 92 أنه قد انخفضت فعالية التفكيك عند السلالات المستعملة عند تركيز 500 ملغ/ل القريب من التراكيز الطبيعية للمادة الفعّالة سطحياً في مياه الصرف الصحي لموقعي الدراسة، ولم تصل نسبة التفكيك إلى 60%، وكانت أفضل النتائج عند *E.coli1* بنسبة 58.78% وكانت جميعها متوسطة التفكيك.



1	*E.coli 1*
2	*E.coli 2*
3	***Sal. tuphimurium***
4	***Sal. enteritidis***
5	***Sta. epidermidis 1***
6	***Pseudomonas sp***
7	***Ps.aeruginosa***
8	***Sta. epidermidis 2***

الشكل 92. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز 500 ملغ/ل.

يُلاحظ في الشكل 93 النتيجة نفسها التي ظهرت في الشكل 104 إذ كان التفكيك أقل من الوسط، وكانت سلالة *E.coli1* هي الأفضل فوصلت نسبة التفكيك إلى 62.93% بوجود تركيز 600 ملغ/ل من مادة SDSs في الوسط.



1	*E.coli 1*
2	*E.coli 2*
3	***Sal. tuphimurium***
4	***Sal. enteritidis***
5	***Sta. epidermidis 1***
6	***Pseudomonas sp***
7	***Ps.aeruginosa***
8	***Sta. epidermidis 2***

الشكل 93. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز 600 ملغ/ل.

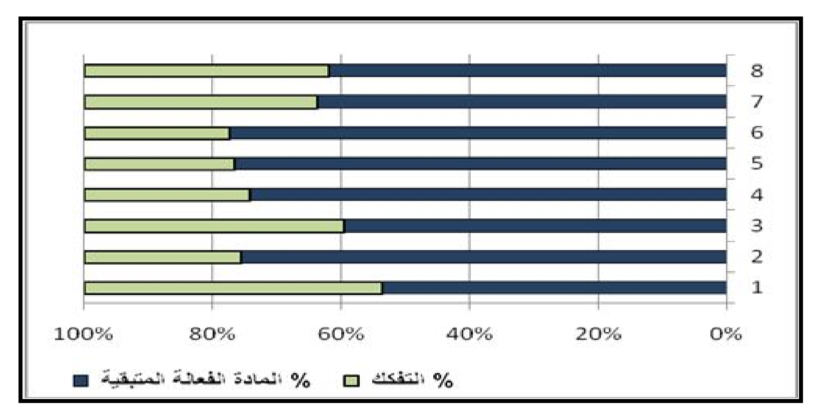
أما الشكل 94، فيوضح انخفاض فعالية تفكيك SDSs الموجودة في الوسط، فقد أصبحت النسبة منخفضة، وكانت *E.coli1* هي الأفضل بنسبة 48.68% إضافة إلى سلالة *Sta. epidermidis 2* بنسبة 46.02%.

1	*E.coli 1*
2	*E.coli 2*
3	***Sal. tuphimurium***
4	***Sal. enteritidis***

Sta. epidermidis 1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 94. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز700 ملغ/ل.

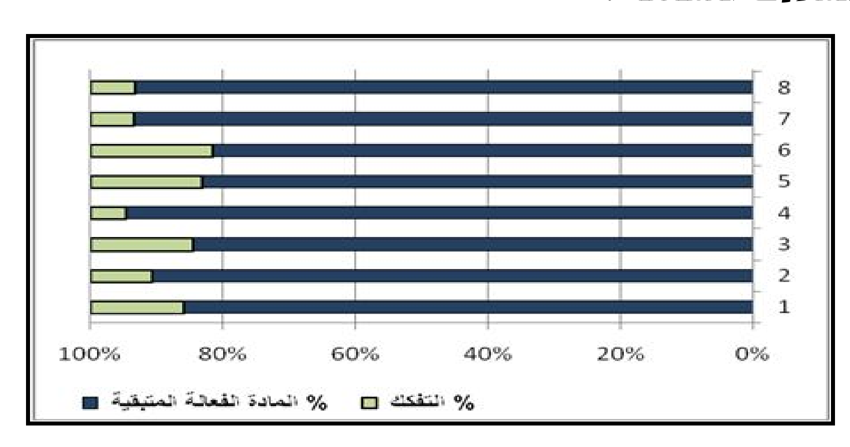
يُلاحظ في الشكل 95 النتيجة نفسها في الشكل 106، إذ كان التفكيك منخفضاً وكانت سلالة *E.coli1* هـــي الأفضل وذلك بنسبة تفكيك بلغت 46.48% بوجود تركيز 800 ملغ/ل من SDSs.



E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal. tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis 1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 95. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز800 ملغ/ل.

يُلاحظ من الشكل 96، أن التفكيك أصبح منخفضاً جداً ولم تصل نسبته إلى 20%، وبالتالي فإن تأثير هذه الجراثيم في تفكيك المادة الفعّالة بتراكيز عالية يكون ضعيفاً وقد يعود السبب لكون التراكيـــز المرتفعـــة مـــن المادة الفعّالة تأخذ دوراً ساماً على السلالات المستعملة .



E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal. tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis 1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 96. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز 900 ملغ/ل.

يلاحظ أيضاً في الشكل 97 حالة الانخفاض الكبير في التفكيك لأن النسبة وصلت في أفضل الحالات إلـــى 15% عند السلالات الجرثومية المدروسة تقريباً الموجودة في الوسط بتركيز 1000 ملغ/ل.

E.coli 1	1

E.coli 2	2
Sal. tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis 1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 97. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة في درجة 25°C وتركيز1000 ملغ/ل.

بشكل عام انخفضت فعالية التفكيك الحيوي لسلفات دوديسيل الصوديوم مع زيادة تركيزها، مما يشير إلى أنها أصبحت سامة، وتثبط الجراثيم المفككة في التراكيز العالية، قد يعود السبب لإنخفاض درجة حموضة الوسط بسبب زيادة تركيز المواد الناتجة عن التفكيك، والتي غالباً ماتكون سبباً في انخفاض فعالية ونشاط الأحياء الدقيقة المفككة، في حال كانت تلك الأحياء حساسة لتغيّرات درجة الحموضة (تفضل درجات حموضة معينة)، إضافة لإنخفاض تركيز المواد التي تشكل مصدر الكربون والطاقة في الوسط بسبب استهلاكها من قبل الأحياء الدقيقة الموجودة في ذلك الوسط، وهذا ما أثبته الباحث Hosseini وزملاؤه (2007) في التجربة التي أجروها إذ استطاعت الجراثيم التي استعملوها (معزولة من حمأة منشطة من محطة معالجة في إيران) في تفكيك حوالي 30% فقط من SDS خلال ثلاثة أيام، ولكن ارتفعت هذه النسبة لتتجاوز 85% في نهاية اليوم الخامس وتقترب من 97% في نهاية التجربة التي استمرت عشرة أيام، وقد أكد الباحث Hoque وزملاؤه ما تم التوصل إليه في هذه التجربة إذ استعملوا تراكيز منخفضة من SDS لتفكيكها (تقريباً في نفس الشروط) وتبين أن تلك التراكيز (50 – 75 – 100) مغ/ل تفككت بشكل كلي خلال 5 ساعات فقط مستعملين أحياء دقيقة من حمأة منشطة مأخوذة من محطة معالجة في أستراليا، ولاحظوا أيضاً حصول انخفاض كبير جداً في تركيز الأكسجين المنحل وارتفاع في BOD الوسط.

2.3.2.3- التفكيك الحيوي SDSs في درجات الحرارة المختلفة.

يوضح الشكل 98 أن جميع السلالات الجرثومية المستعملة كانت جيدة التفكيك للمادة الفعّالة المدروسة عند تركيز 500 ملغ/ل ودرجة حرارة 15°C، وتجاوزت النسبة 65% عند جميعها، وكان الأفضل تفكيكاً *Pseudomonas.sp* بنسبة 99.04% والسلالة *Sta. epidermidis* $_2$ بنسبة 86.03%، أما بوجود *Ps.aeruginosa* فقد بلغ التفكيك 87.46%، مما يدل على أن هذه السلالات الفعّالة تأقلمت للحياة في درجات حرارة منخفضة.

E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal. tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4

100%
80%
60%
40%

5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Pseudomonas sp*
7	*Ps.aeruginosa*
8	*Sta. epidermidis 2*

الشكل 98. متوسط تركيز SDS المتبقي في الوسط المدروس بتأثير الجراثيم المستعملة في درجة 15°C، وتركيز 500 ملغ/ل.

أما في تركيز 1000 ملغ/ل ودرجة حرارة 15°C، فكانت نتائج التفكيك ضعيفة إلى متوسطة، وكانت النسبة المئوية للتفكيك نحو 40% عند جميع السلالات، كما هو واضح في الشكل 99.

1	*E.coli 1*
2	*E.coli 2*
3	*Sal.tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis1*
6	*Pseudomonas sp*
7	*Ps.aeruginosa*
8	*Sta. epidermidis 2*

الشكل 99. متوسط تركيز SDS المتبقي في الوسط المدروس بتأثير الجراثيم المستعملة في درجة 15°C، وتركيز 1000 ملغ/ل.

وبوجود تركيز 500 ملغ/ل ودرجة 25°C، كانت الجراثيم متوسطة الفعالية، وكانت أفضل نتائج التفكيك عند سلالة *E. coli 1* بنسبة 62.22% وهذا موضح بالشكل 100.

1	*E.coli 1*
2	*E.coli 2*
3	*Sal.tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis1*
6	*Pseudomonas sp*
7	*Ps.aeruginosa*
8	*Sta. epidermidis 2*

الشكل 100. متوسط تركيز SDS المتبقي في الوسط المدروس بتأثير الجراثيم المستعملة في درجة 25°C، وتركيز 500 ملغ/ل.

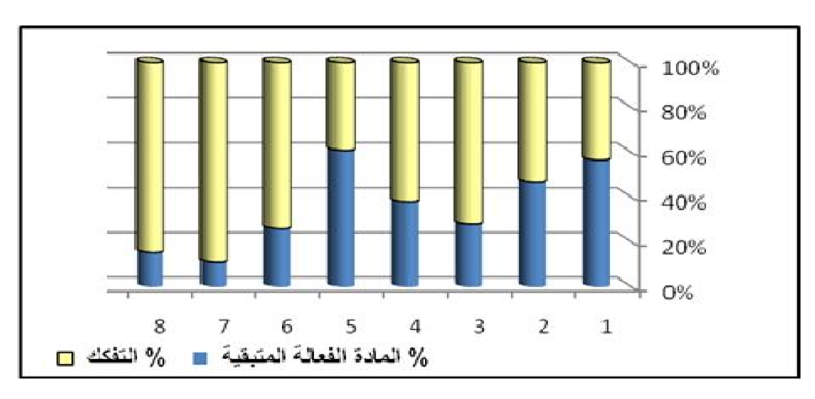
يوضح الشكل 101 أن التفكيك كان ضعيفاً بوجود تركيز 1000 ملغ/ل ودرجة 25°C، عند جميع السلالات المستعملة ولم يصل إلى 20%.

1	*E.coli 1*
2	*E.coli 2*
3	*Sal.tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*

Sta. epidermidis1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 101. متوسط تركيز SDS المتبقي في الوسط المدروس بتأثير الجراثيم المستعملة في درجة 25°C، وتركيز1000 ملغ/ل.

يوضح الشكل 102 أن جميع السلالات الجرثومية كانت متوسطة إلى جيدة التفكيك للمادة الفعّالة المدروسة عند تركيز 500 ملغ/ل ودرجة 35°C، والأفضل تفكيكاً كان *Ps.aeruginosa* بنسبة 88.9% وسلالة *Sta. epidermidis* $_2$ بنسبة 84.74%.



E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal.tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 102. متوسط تركيز SDS المتبقي في الوسط المدروس بتأثير الجراثيم المستعملة في درجة 35°C، وتركيز500 ملغ/ل.

يوضح الشكل 103 أن التفكيك كان متوسطاً بوجود تركيز 1000 ملغ/ل ودرجة 35°C عند جميع الجراثيم، وتراوحت النسب بين 50 - 77% وكان التفكيك الأفضل عند *Sta. epidermidis* $_2$ لتصل إلى 76.8%.

E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal.tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 103. متوسط تركيز SDS المتبقي في الوسط المدروس بتأثير الجراثيم المستعملة في درجة 35°C، وتركيز1000 ملغ/ل.

تبين نتائج دراسة تأثير تغيّرات درجات الحرارة أن السلالات تكيّفت مع الظروف المناخية مع درجات الحرارة المختلفة (المنخفضة والمرتفعة)، وأصبحت تعمل في هذه الدرجات الحرارية بشكل أمثل، وأنه في مرحلة النمو في الخريف والربيع يكون نشاطها الاستقلابي في قيمته الدنيا، بالمقارنة مع تجربة الباحث Shukor وزملاؤه (2009) إذ تبيّن أن نسبة تفكيك تراكيز مختلفة من SDS خلال ثلاثة أيام تراوحت بين 44

– 90% وذلك حسب النوع الجرثومي المستعمل، وتبيّن أيضاً أن تغيّرات درجة الحرارة بين 10 – 50 درجة مئوية كان له تأثير كبير على نشاط وفعالية تلك الجراثيم، ولاحظ أن درجة الحرارة المفضلة لتلك الجراثيم كانت 37°C، ولكن بوجود مجال كبير من درجات الحرارة عند بعض الجراثيم المستعملة لتفكيك SDS مثل *Pseudomonas sp*.

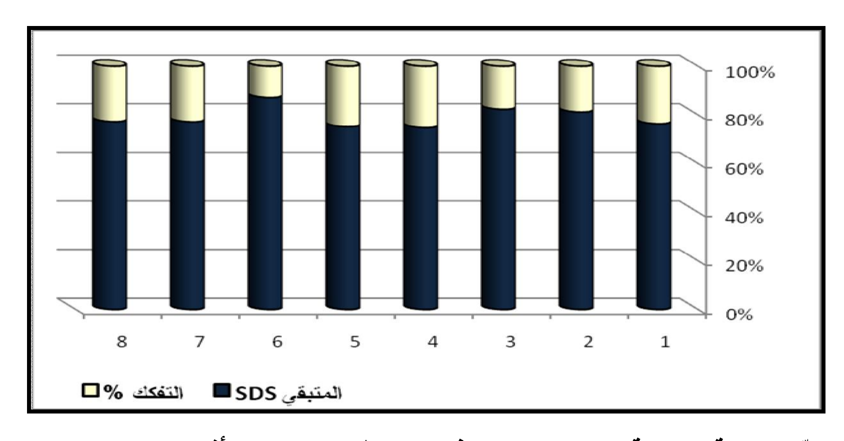
3.3.2.3– التفكيك الحيوي SDSs في وسط يحتويها بصفته مصدراً وحيداً للكربون والكبريت بتأثير pH المختلفة.

يوضح الشكل 104 أن جميع السلالات كانت ضعيفة التفكيك للمادة الفعّالة المدروسة عند تركيز 1000 ملغ/ل ودرجة pH=5، ولم تتجاوز النسبة 26.32 %.

1	***E.coli 1***
2	***E.coli 2***
3	***Sal.tuphimurium***
4	***Sal. enteritidis***
5	***Sta. epidermidis1***
6	***Pseudomonas sp***
7	***Ps.aeruginosa***
8	***Sta. epidermidis 2***

الشكل 104. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة عند pH=5 وتركيز1000 ملغ/ل.

يبيّن الشكل 105 الملاحظة نفسها في الشكل 116 وكانت جميع السلالات ضعيفة التفكيك عند تركيز 1000 ملغ/ل ودرجة pH=6، وكانت السلالات الأفضل تفكيكاً *al. enteritidis* بنسبة 25.21% و *Sta. epidermidis 1* بنسبة 24.82%، وكانت *Pseudomonas sp* أقلها تفكيكاً بنسبة 12.91% ولوحظ أيضاً أن تغيّر درجة الحموضة كان ضعيفاً وتراوح بين 5.21 – 5.51، وكان عند *Pseudomonas sp* و *Sal. enteritidis* على الترتيب.



1	***E.coli 1***
2	***E.coli 2***
3	***Sal.tuphimurium***
4	***Sal. enteritidis***
5	***Sta. epidermidis1***
6	***Pseudomonas sp***
7	***Ps.aeruginosa***
8	***Sta. epidermidis 2***

الشكل 105. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير

السلالات المستعملة عند pH=6 وتركيز 1000 ملغ/ل.

يُلاحظ في الشكل 106 أن التفكيك لازال ضعيفاً في التركيز 1000 ملغ/ل ودرجة pH=7، ولم يتجاوز 14%، وترافق ذلك مع تغيّر درجة الحموضة بين 6 – 6.5، ويعود ذلك لتفكيك المادة الفعّالة سطحياً.

E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal.tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 106. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير

السلالات المستعملة عند pH=7 وتركيز 1000 ملغ/ل.

يوضح الشكل 107 تحسناً بسيطاً في تفكيك السلالات للمادة الفعّالة المدروسة عند تركيز 1000 ملغ/ل ودرجة pH=8، ولكن لازالت النسبة ضعيفة، وقد بلغت أعلى قيمة 26.17 % عند *Sal. enteritidis*، وترافقت مع أدنى درجة حموضة التي بلغت 6.43، بينما كانت *Ps.aeruginosa* أقلها تفكيكاً بنسبة 8.72% ودرجة حموضة هي الأعلى بلغت 7.3، مما يدل على أن نشاط الأنواع الجرثومية هذه تؤدي لتفكيك المواد الفعّالة سطحياً والنواتج النهائية لهذه المواد تؤدي لإنخفاض درجة الحموضة.

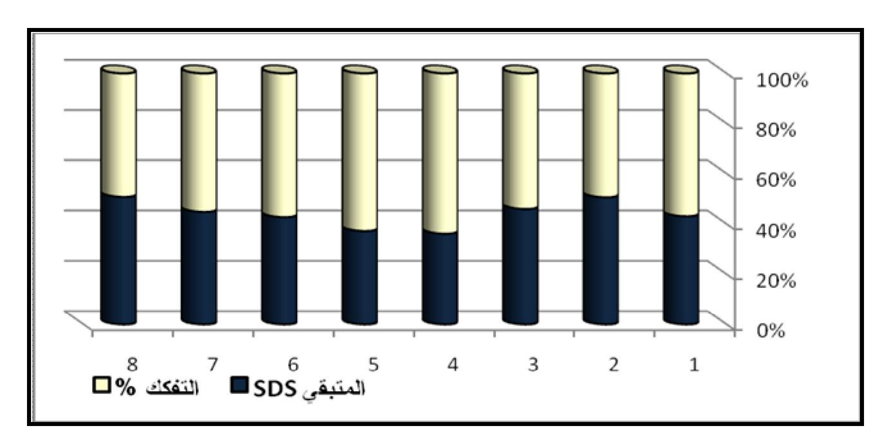
E.coli 1	1
E.coli 2	2
Sal.tuphimurium	3
Sal. enteritidis	4
Sta. epidermidis1	5
Pseudomonas sp	6
Ps.aeruginosa	7
Sta. epidermidis 2	8

الشكل 107. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير

السلالات المستعملة عند pH=8 وتركيز 1000 ملغ/ل.

يوضح الشكل 108 أن تفكيك SDSs عند تركيز 500 ملغ/ل كان أفضل منه مقارنة بتركيز 1000 ملغ/ل عند درجة pH=5، وكانت النسبة متوسطة تراوحت بين 49.13 – 63.79، وذلك عند كلٍّ من

Sta. epidermidis 2 و *Sal. enteritidis* على الترتيب، وترافقت مع تغيّر درجة حموضة تراوح بـين 4.31 عند السلالة الأولى و3.5 عند السلالة الثانية.



E.coli 1	**1**
E.coli 2	**2**
Sal.tuphimurium	**3**
Sal. enteritidis	**4**
Sta. epidermidis1	**5**
Pseudomonas sp	**6**
Ps.aeruginosa	**7**
Sta. epidermidis 2	**8**

الشكل 108. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة عند pH=5 وتركيز500 ملغ/ل.

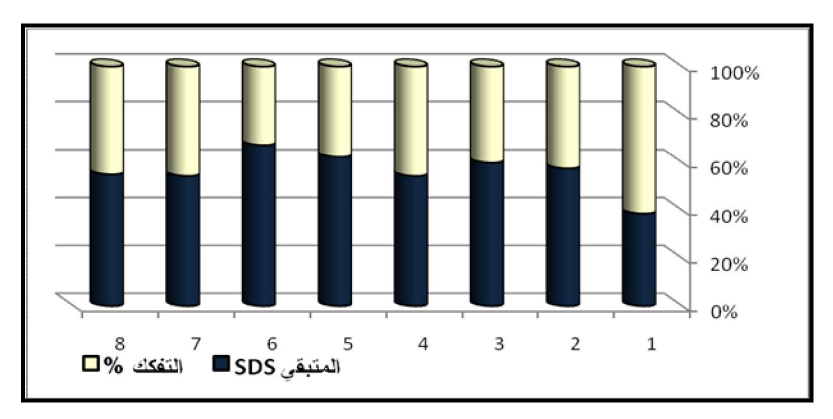
يوضح الشكل 109 أن التفكيك عند تركيز 500 ملغ/ل و درجة pH=6، كان متوسطاً إلى جيد، وتراوحـت النسبة بين 45.12 – 71.66، وكان أفضل تفكيك بوجود *E.coli 1* وأقل نسبة للتفكيك عنـد *Pseudomonas sp* وبلغت 39.83%، وقد ترافق ذلك مع درجة حموضة بلغت عند الأولى 4.11 و 5.12 عند الثانية.

E.coli 1	**1**
E.coli 2	**2**
Sal.tuphimurium	**3**
Sal. enteritidis	**4**
Sta. epidermidis1	**5**
Pseudomonas sp	**6**
Ps.aeruginosa	**7**
Sta. epidermidis 2	**8**

الشكل 109. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة عند pH=6 وتركيز500 ملغ/ل.

يُلاحظ من الشكل 110 أن جميع السلالات متوسطة التفكيك عند تركيز 500 ملغ/ل ودرجة pH=7، عـدا *E.coli 1* كانت أفضل الســلالات المسـتعملة تفكيكـاً إذ بلغـت نسـبة التفكيـك 61.36%، بينمـا كانـت

Pseudomonas sp أقلها تفكيكاً بنسبة 32.75 %، ولوحظ أن تغيّر درجة الحموضة تراوح بـين 4.42 – 5.95 عند السلالتين السابقتين على الترتيب.



E.coli 1	**1**
E.coli 2	**2**
Sal.tuphimurium	**3**
Sal. enteritidis	**4**
Sta. epidermidis1	**5**
Pseudomonas sp	**6**
Ps.aeruginosa	**7**
***Sta. epidermidis* 2**	**8**

الشكل 110. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة عند pH=7 وتركيز500 ملغ/ل.

يوضح الشكل 111 أن نسبة التفكيك بين المتوسطة إلى الضـعيفة عنـد تركيـز 500 ملـغ/ل ودرجـة pH=8، وقد بلغت أعلى قيمة 61.79 % عند *Ps.aeruginosa* وترافقت مع أدنى درجة حموضة بلغـت 6.52، بينما كانت *Pseudomonas sp* أقلها تفكيكاً بنسبة 23.03% ودرجة حموضة هي الأعلى بلغت 7.21.

100%
80%
60%
40%
20%
0%
8 7 6 5 4 3 2 1
% التفكك
SDS المتبقي

E.coli 1	**1**
E.coli 2	**2**
Sal.tuphimurium	**3**
Sal. enteritidis	**4**
Sta. epidermidis1	**5**
Pseudomonas sp	**6**
Ps.aeruginosa	**7**
***Sta. epidermidis* 2**	**8**

الشكل 111. تغيّر النسبة المئوية لتركيز SDSs في الوسط المدروس بتأثير السلالات المستعملة عند pH=8 وتركيز500 ملغ/ل.

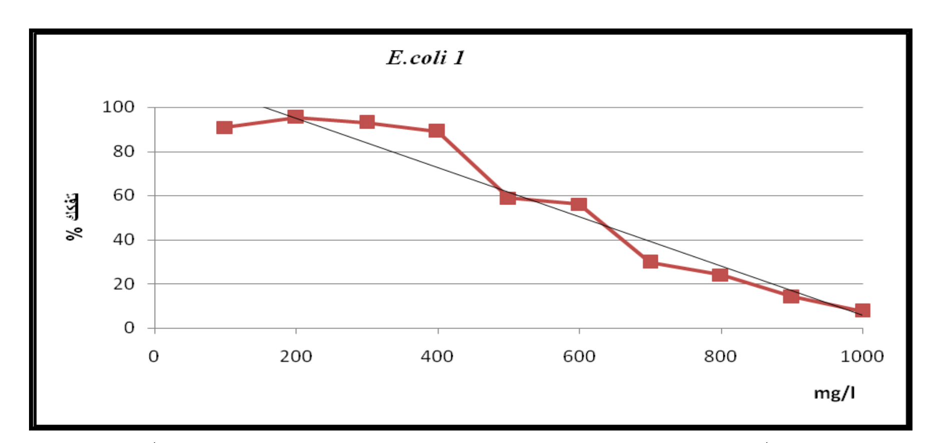
يلاحظ من دراسة تأثير pH أنه بتركيز 1000 ملغ/ل كانت جميع الجراثيم المستعملة ضعيفة التفكيك فـي جميع درجات الحموضة المدروسة، بينما بتركيز 500 ملغ/ل كان معظمها جيدة إلى متوسـطة الفعاليـة فـي

درجات الحموضة المدروسة، مما يؤكد أن التراكيز العالية تثبط عمل هذه الجراثيم، وأفضل درجة pH للتفكيك هي عند الدرجة 5 و 6 بالتركيز 500 ملغ/ل، وقد بيّن الباحث Shukor وزملاؤه (2009) أيضاً أن درجات حموضة الوسط تأخذ دوراً مهماً في تحديد نوع الجرثوم الذي يقوم بالتفكيك ونسبة التفكيك.

3.3- الدراسة الاحصائية للعلاقة بين التراكيز ونسبة تفكيك SDSs بتأثير الجراثيم المستعملة:

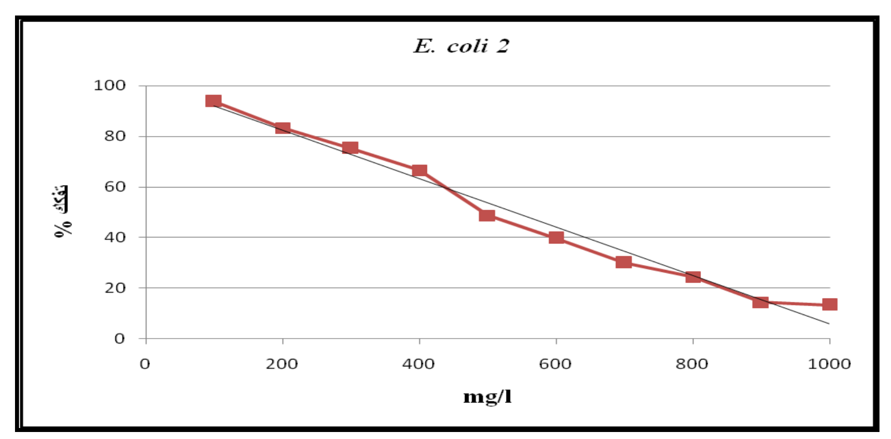
تنبع الأهمية في هذه الدراسة من تنوع الأحياء الدقيقة التي توجد في مياه الصرف، ولمعرفة إلى أي حد يمكن أن يؤثر تغيّر تركيز المادة الفعّالة سطحياً التي تصل إلى مياه الصرف في فعالية أنواع الجراثيم الموجودة فيها من أجل القيام بعملها المفكك، إذ يلاحظ في الشكل 112 أن العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *E.coli 1* على تفكيك تلك المادة هي علاقة ارتباط عكسي، وتقل النسبة المئوية للتفكيك مع ارتفاع التركيز مع ملاحظة أن التراكيز المنخفضة فككت بشكل جيد في بداية التجربة.

إن أقرب معادلة يمكن المقارنة بها هي معادلة المستقيم (Y=-0.111X+117.2) ذات معامل الارتباط R=-0.932 علماً أن معامل ارتباط نتائج التجربة كان R= -0.965، بفارق يبلغ 0.03، والعلاقة قوية.



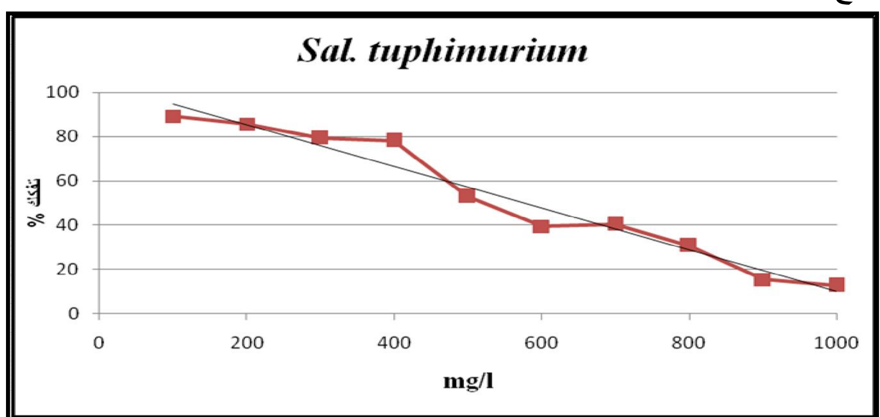
الشكل 112. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *E.coli 1* على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

أما بوجود *E.coli 2* فقد كانت العلاقة أكثر وضوحاً، وتوجد علاقة ارتباط عكسي واضحة. تعدّ المعادلة (Y=-0.095X+101.5) ذات معامل الارتباط R=-0.981 هي الأقرب لنتائج التجربة والتي يمكن المقارنة بها، علماً أن معامل الارتباط الخاص بنتائج التجربة كان R=-0.990، بفارق يبلغ 0.009، والعلاقة قوية جداً كما هو ملاحظ في الشكل 113، وعند مقارنة السلالتين معاً (تتبعان لنوع واحد) فإننا نلاحظ أن *E.coli 1* أكثر فعالية من *E.coli 2* في التراكيز المنخفضة.



الشكل 113. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *E.coli 2* على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

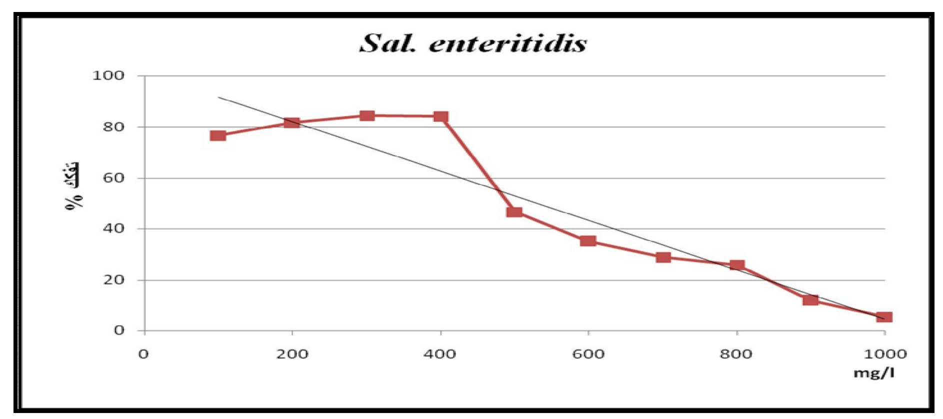
تلاحظ العلاقة العكسية أيضاً في الشكل 114 بين تركيز SDSs وقدرة *Sal. tuphimurium* علـــى تفكيـــك تلك المادة إذ إن علاقة الارتباط العكسي بسيطة شبه خطية. إن أقرب معادلة يمكن المقارنة بها هـــي معادلـــة المستقيم (Y=-0.093X+103.8) ذات معامل الارتباط R=-0.961 علماً أن معامل ارتباط نتائج التجربة كـــان R= -0.980، بفارق يبلغ 0.019.



الشكل 114. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *Sal. tuphimurium* على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

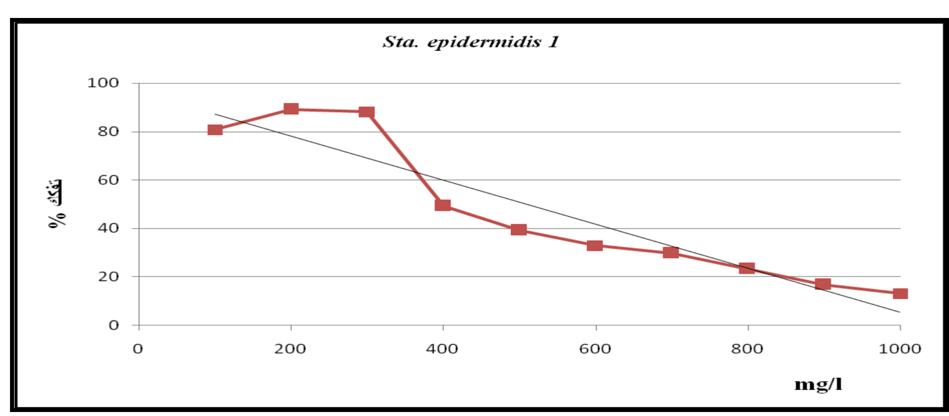
أما بوجود *Sal. enteritidis* فالعلاقة مذبذبة ويزداد التفكيك مع ازدياد التركيز حتى 400 ملغ/ل ثم يبـــدأ بالانخفاض مع ارتفاع التركيز، كما هو موضح بالشكل 115، إن المعادلة (Y=-0.096X+101.3) ذات معامـــل الارتباط R=-0.887 هي الأقرب لنتائج التجربة، علماً أن معامل الارتباط الخاص بنتائج التجربـــة كـــان R= -0.942، و بفارق يبلغ 0.055.

ولكن عند مقارنة النوعين *Sal. tuphimurium* و *Sal. enteritidis* معاً (مـــن جـــنس واحـــد) يُلاحـــظ أن *Sal. tuphimurium* أكثر فعالية من *Sal. enteritidis* في بعض التراكيز الدنيا.



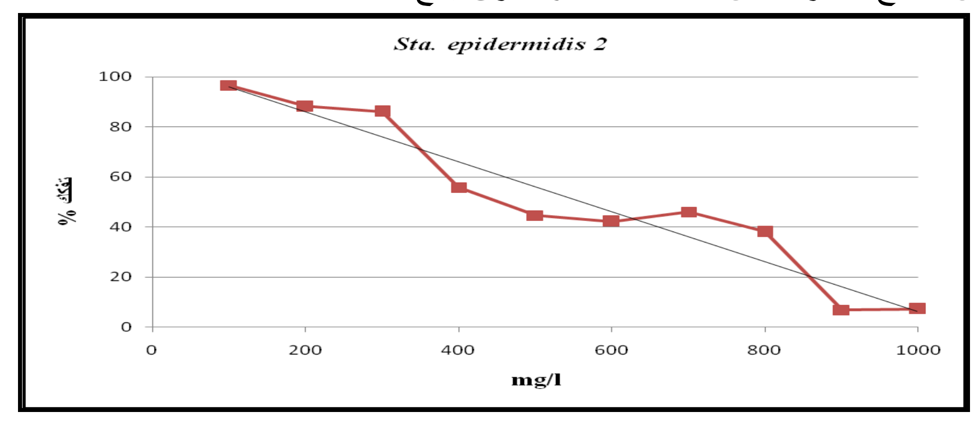
الشكل 115. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *Sal. enteritidis* على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

لوحظت الحالة السابقة أيضاً عند *Sta. epidermidis 1* إذ بدأت بما يشبه العلاقة الطردية ثم تحولت إلى علاقة عكسية، وأقرب معادلة يمكن المقارنة بها هي معادلة المستقيم (Y=-0.091X+96.4) ذات معامل الارتباط R=-0.881 علماً أن معامل ارتباط نتائج التجربة كان R= -0.938، بفارق يبلغ 0.057 كما في الشكل 116.



الشكل 116. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *Sta. epidermidis* 1 على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

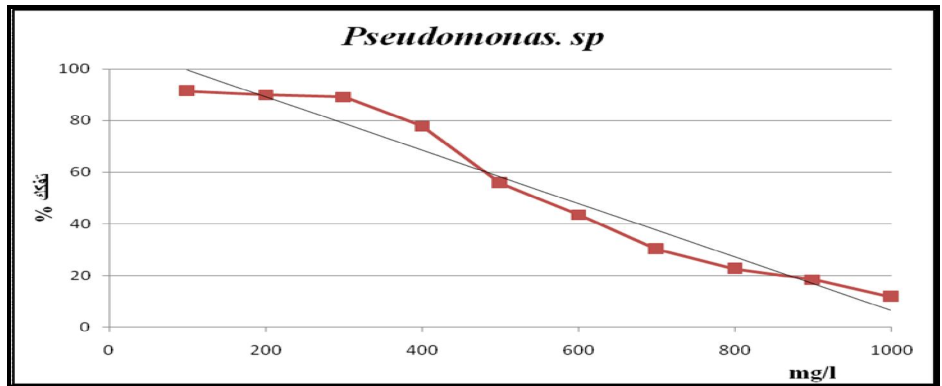
أما بوجود *Sta. epidermidis 2* فالعلاقة كانت عكسية لكن غير مستمرة كما هو موضح بالشكل 117، إن المعادلة (Y=-0.099 X+105.9) ذات معامل الارتباط R=-0.922 هي الأقرب لنتائج التجربة، علماً أن معامل الارتباط الخاص بنتائج التجربة كان R= -0.960، و بفارق يبلغ 0.038.



الشكل 117. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *Sta. epidermidis 2* على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

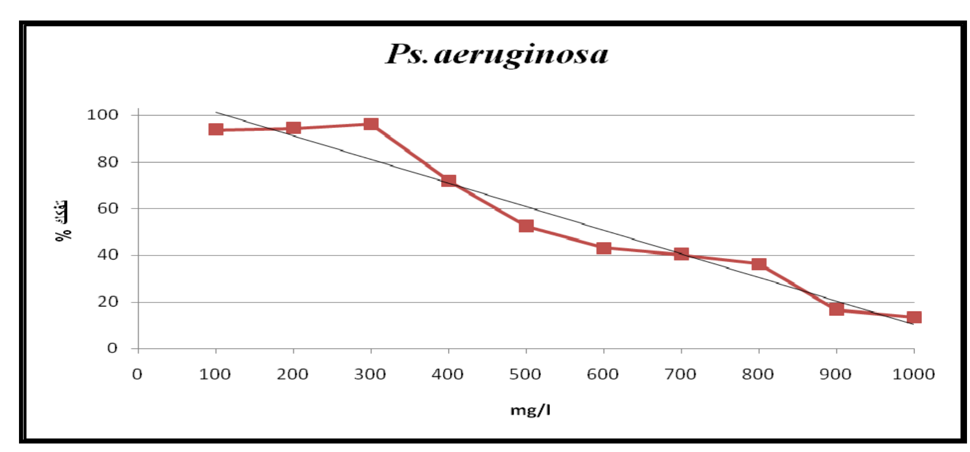
ومع مقارنة السلالتين *Sta. epidermidis 1* و *Sta. epidermidis 2* معاً (من نـوع واحـد) يلاحـظ أن السلالة الثانية أكثر ارتباطاً بتغيّر التركيز من السلالة الأولى.

أما بوجود *Pseudomonas. sp* فكانت علاقة ارتباط عكسي واضحة، تعدّ المعادلة (Y=-0.103 X+109.9) ذات معامل الارتباط R=-0.957 هي الأقرب لنتائج التجربة التي يمكن المقارنة بها، علماً أن معامل الارتبـاط الخاص بنتائج التجربة كان R= -0.978، بفارق يبلغ 0.023، والعلاقة متينة، كما هو ملاحظ في الشكل 118.



الشكل 118. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *Pseudomonas. sp* على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

أما عند *Ps.aeruginosa* فالعلاقة العكسية أقل وضوحاً بحسب التراكيز كما هو موضح بالشـكل 119، إن المعادلة (Y=-0.101 X+111.5) ذات معامل الارتباط R= -0.945 هي الأقرب لنتائج التجربة، علماً أن معامل الارتباط الخاص بنتائج التجربة كانR= -0.972، وبفارق يبلغ 0.027.



الشكل 119. العلاقة بين تركيز SDSs وقدرة *Ps.aeruginosa* على التفكيك في درجة الحرارة 25°C.

عند مقارنة النوعين *Pseudomonas. sp* و *Ps.aeruginosa* معاً (من جـنس واحـد) فقـد لـوحظ أن *Pseudomonas. sp* أكثر فعالية من *Ps.aeruginosa*، وأن علاقة النوع الأول بتغيّر التركيز أكثر وضوحاً.

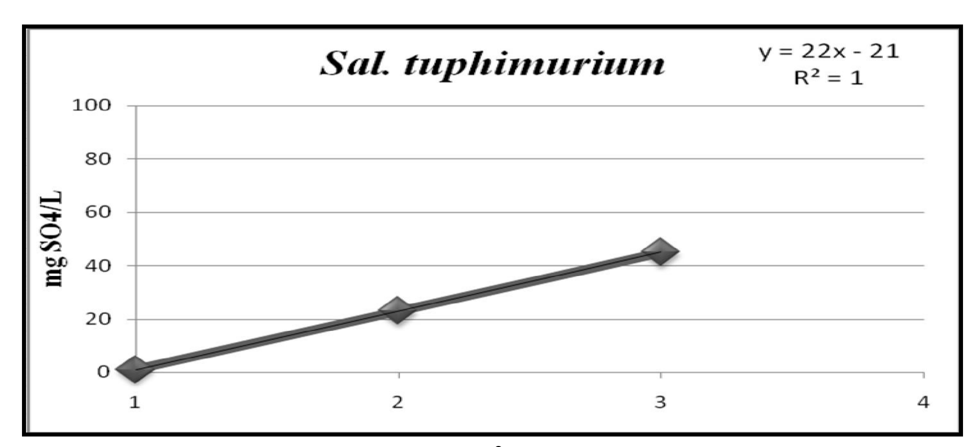
عند ملاحظة الأشكال 112، 115، 116، 118 يمكن الاستنتاج أن السلالات المستعملة في أثنـاء تفكيكهـا للتراكيز المنخفضة كان نشاطها بشكل أكبر مع تراكيز (200 - 300 - 400 ملـغ/ل) مقارنـة بـالتركيز 100 ملغ/ل، وقد يعود السبب لحاجة تلك الأحياء للكربون بصفته مصدراً للطاقة بشكل أكبر مما هو عليه بوجود

100 ملغ/ل من المادة الفعّالة سطحياً فقط، وقبل أن يبدأ الأثر السلبي للمادة الفعّالة سطحياً في تلك الأحياء مع تزايد التركيز.

4.3- التفكيك الحيوي لمركبات LASs في وسط يحتويها بصفته مصدراً وحيداً للكربون والكبريت خلال أشهر مختلفة

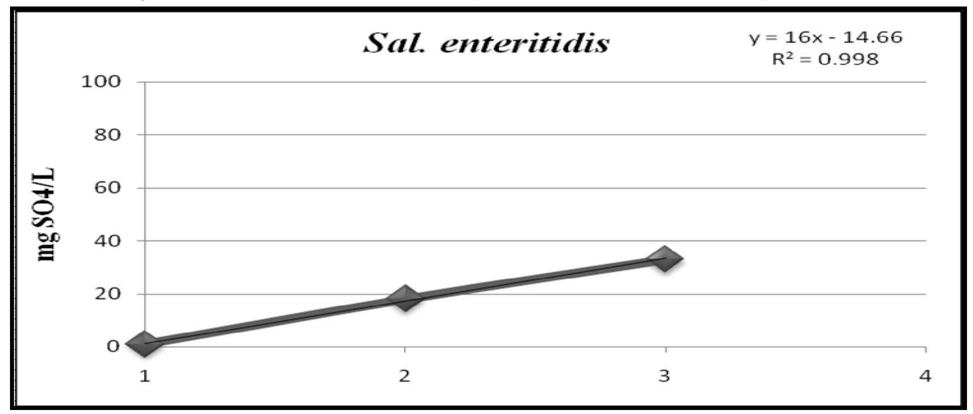
لوحظ ازدياد قدرة ***Sal. tuphimurium*** على تفكيك مادة LASs مع ارتفاع درجة الحرارة الفصلية، وهي علاقة ارتباط طردية، إذ ارتفع تركيز شوارد الكبريتات في الوسط، وهذه العلاقة تحقق المعادلة (Y= 22 X - 21) ذات معامل الارتباط R = 1، وبلغ تركيز الكبريتات في الوسط أفضل قيمة له في شهر حزيران وكان 45 ملغ/ل، كما هو ملاحظ في الشكل 120.

حزيران	آذار	كانون الثاني
3	2	1



الشكل 120. متوسط تغيّرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس *Sal. tuphimurium* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

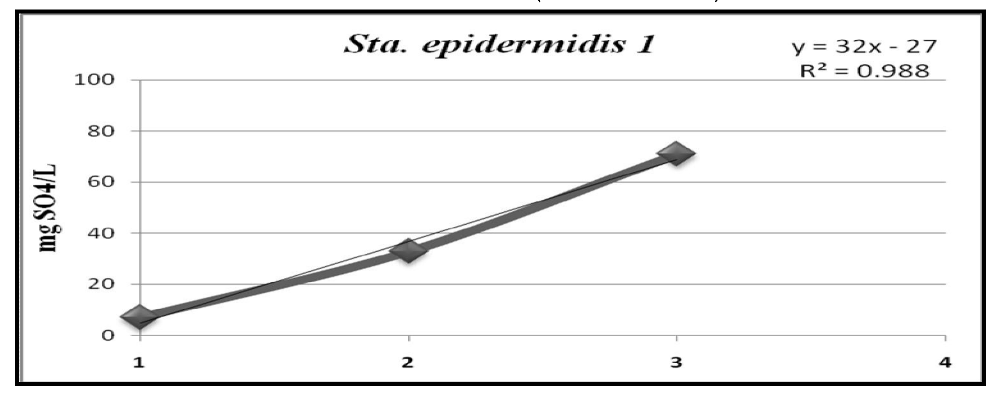
ويلاحظ في الشكل 121 عند وجود *Sal. enteritidis* أن العلاقة طردية أيضاً، تحقق المعادلة (Y=16 X - 14.66) ذات معامل الارتباط R= 0.998، وازداد تفكيك LASs مع ارتفاع درجة الحرارة الفصلية، وبلغ تركيز الكبريتات في الوسط أعلى قيمة له في شهر حزيران وكان 33 ملغ/ل.



الشكل 121. متوسط تغيّرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس *Sal. enteritidis* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

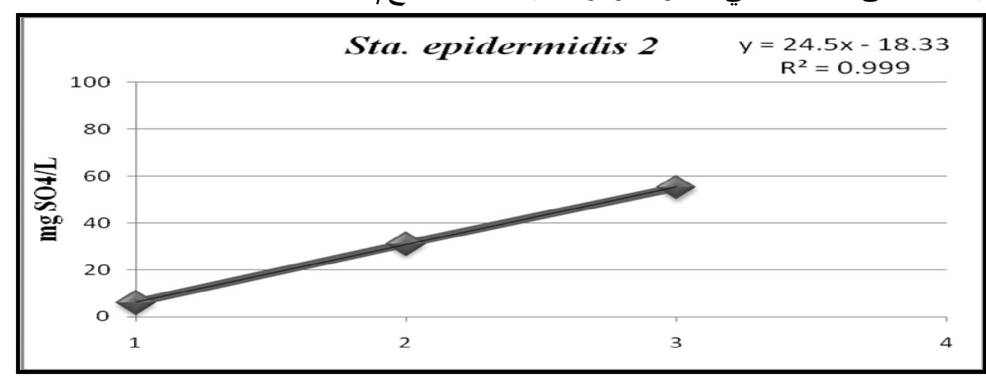
ويلاحظ عند مقارنة السلالتين معاً (من جنس واحد) أن كلاً منهما قد ازداد نشاطه المفكك لتلك المادة، مع ارتفاع درجات الحرارة الفصلية.

يوضح الشكل 122 أن *Sta. epidermidis 1* تزداد فعاليتها في التفكيك مع ارتفاع درجة الحرارة الفصلية، وهي علاقة ارتباط طردية، إذ ارتفع تركيز شوارد الكبريتات في الوسط حتى وصل إلى 71 ملغ/ل في شهر حزيران، وهذه العلاقة تحقق المعادلة (Y= 32 X - 27) إذ معامل الارتباط لها R = 0.988.



الشكل 122. متوسط تغيرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس 1 *Sta. epidermidis* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

ويبيّن الشكل 123 أنه بوجود *Sta. epidermidis 2* فإن العلاقة طردية، تحقق المعادلة (Y=24.5 X - 18.33) ذات معامل الارتباط R= 0.999 والعلاقة قوية جداً كما هو ملاحظ، وبلغ تركيز الكبريتات في الوسط أعلى قيمة له في شهر حزيران وكان 55 ملغ/ل.

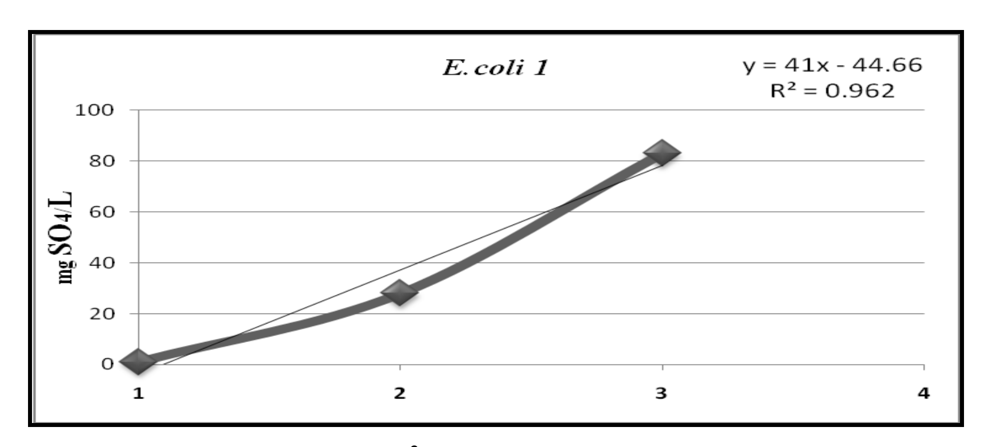


الشكل 123. متوسط تغيرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس 2 *Sta. epidermidis* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

وتبيّن عند مقارنة السلالتين معاً (من نوع واحد) يلاحظ ازدياد نشاط كلٍ منهما مع ارتفاع درجات الحرارة ولكن *Sta. epidermidis1* هي الأفضل.

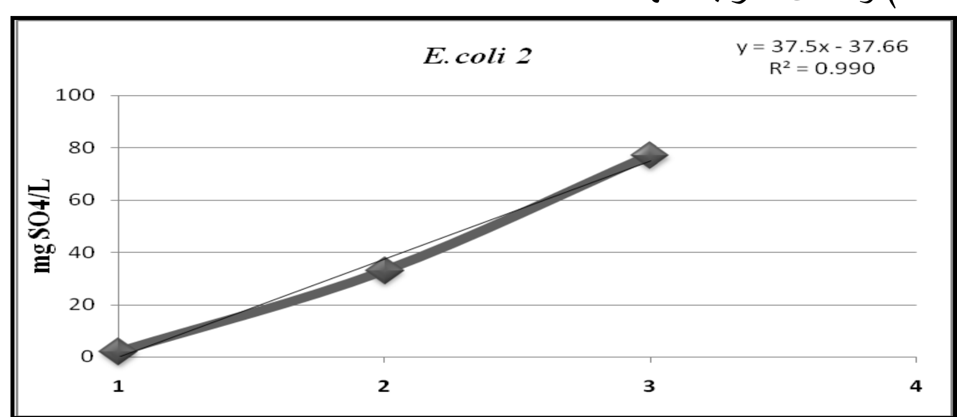
ويوضح الشكل 124 أن *E.coli 1* فككت LASs بشكل ملحوظ وكانت الاكثر فعالية مقارنة بباقي الاحياء الدقيقة التي أجري اختبارها، وازدادت فعاليتها في التفكيك مع ارتفاع درجة الحرارة الفصلية، وهي علاقة

طردية، ووصل تركيز شوارد الكبريتات في الوسط إلى 83 ملغ/ل في شهر حزيران، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي ($Y= 41 X – 44.66$) إذ معامل الارتباط لها $R = 0.962$.



الشكل 124. متوسط تغيرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس *E.coli 1* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

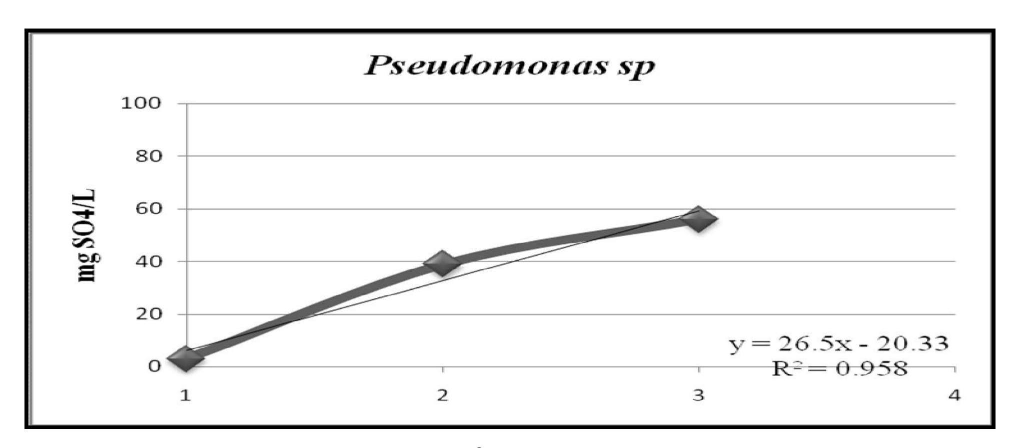
يلاحظ أيضاً في الشكل 125 إن *E.coli2* استطاعت تفكيك LASs بشكل جيد، إذ إنَّ العلاقة بين قدرة هذه السلالة على تفكيك هذه المادة وارتفاع درجة الحرارة الفصلية، هي علاقة طردية، وارتفع تركيز شوارد الكبريتات في الوسط حتى وصل إلى 77 ملغ/ل في شهر حزيران، ويمكن في هذه الحالة تطبيق المعادلة ($Y= 37.5 X – 37.66$) ومعامل الارتباط لها $R = 0.990$.



الشكل 125. متوسط تغيرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس *E.coli 2* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

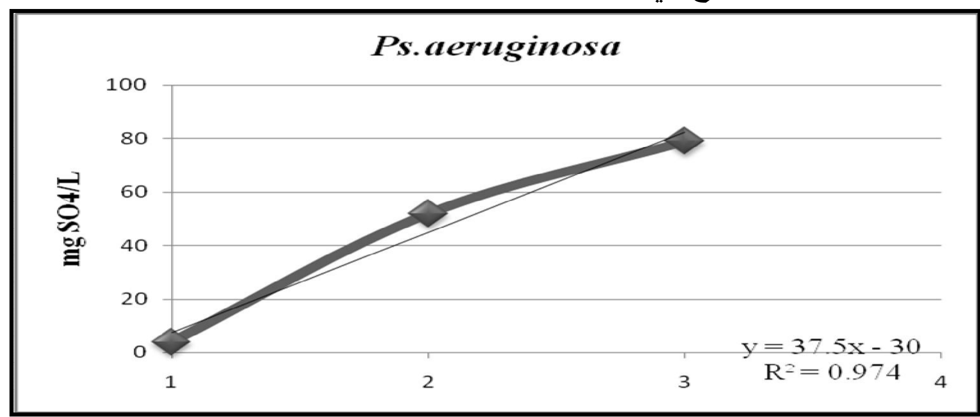
يلاحظ عند مقارنة السلالتين معاً (من نوع واحد) أنه ازداد نشاط كلٍ منهما، مع ارتفاع درجات الحرارة ولكن *E.coli 1* هي الأفضل وكانت *E.coli 2* هي الأكثر ارتباطاً بازدياد درجة الحرارة الفصلية.

يوضح الشكل 126 أن *Pseudomonas sp* استطاع تفكيك LASs بشكل متناسب طرداً مع ازدياد درجة الحرارة الفصلية، والعلاقة بينهما هي علاقة طردية، إذ ارتفع تركيز شوارد الكبريتات في الوسط حتى وصل إلى 56 ملغ/ل في شهر حزيران، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي ($Y= 26.5 X – 20.33$) ومعامل الارتباط لها $R = 0.958$.



الشكل 126. متوسط تغيرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس *Pseudomonas sp* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

أما النوع *Ps.aeruginosa* فقد استطاع أن يفكك LASs بشكل كبير، ويعدّ ثاني أفضل مفكك بشكل متناسب طرداً مع ازدياد درجة الحرارة الفصلية، والعلاقة طردية، وازداد تركيز شوارد الكبريتات في الوسط حتى وصل إلى 79 ملغ/ل في شهر حزيران، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي ($Y= 37.5 X – 30$) ومعامل الارتباط لها $R = 0.974$، كما هو موضح في الشكل 127.



الشكل 127. متوسط تغيرات تراكيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في الوسط المدروس *Ps.aeruginosa* في LASs خلال أشهر مختلفة في سنة 2008

عند مقارنة عمل *Pseudomonas sp* و *Ps.aeruginosa* (من جنس واحد) يلاحظ أن *Ps.aeruginosa* هو الأفضل تفكيكاً مع ارتفاع درجة الحرارة الفصلية.

توضح الأشكال 120 – 127 تباين فعالية جميع الجراثيم المستعملة في هذه التجربة في تفكيك LASs خلال الفصول المختلفة من العام متأثرة بتغيّر درجة الحرارة، وكان واضحاً انخفاض هذه الفعالية في شهر كنون الثاني بسبب انخفاض درجة الحرارة.

كان أفضلها تفكيكاً خلال شهر كانون الثاني *Staphylococcus epidermidis 1* إذ ازداد تركيز شوارد الكبريتات في الوسط ووصل إلى 7 ملغ/لتر فقط.

أما خلال شهر آذار، فلوحظ تحسّن نشاط الجراثيم، وارتفاع تركيز شوارد الكبريتات في الوسط بنسبة ملحوظة، وكانت الأفضل تفكيكاً خلال هذا الشهر *Ps.aeruginosa* إذ بلغ تركيز شوارد الكبريتات في الوسط 52 ملغ/لتر.

أما خلال شهر حزيران فكان للارتفاع الواضح لدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على تفكيك LASs إذ ارتفع تركيز الكبريتات في الوسط بشكل واضح عند جميع السلالات، وكان أفضلها *E.coli1* ووصل إلى 83 ملغ/لتر، ثم *Ps.aeruginosa* مع تركيز 79 ملغ/لتر، ثم *E.coli2* مع تركيز 77 ملغ/لتر، ثم *Staphylococcus epidermidis 1* مع تركيز وصل إلى 71 ملغ/لتر.

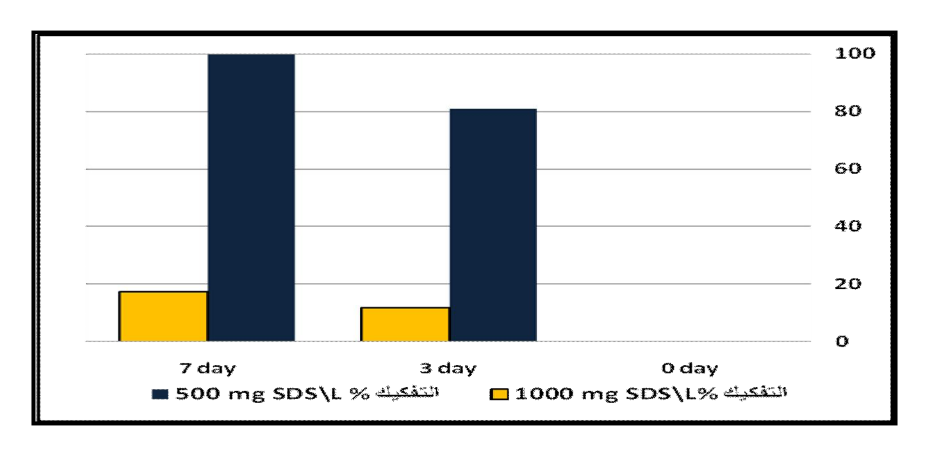
يُستنتج من تلك الأشكال أيضاً أن تركيز شوارد الكبريتات قد ازداد في الوسط بتأثير الجراثيم المستعملة وازداد النشاط الجرثومي مع ارتفاع درجة الحرارة مما أدى إلى زيادة التفكيك الحيوي لمركبات LASs الموجودة في الوسط المدروس.

إن زيادة تركيز الكبريتات يدل على تفكيك مركبات LASs بفعل الجراثيم التي أضيفت للوسط كما هو موضح في الشكل 4، وتؤدي درجة الحرارة الفصلية دوراً كبيراً في هذا التفكيك.

عند مقارنة نتائج هذه التجربة مع تجربة قام بها الباحث Sales,D وزملاؤه (1999) لمعرفة نسبة تفكيك LASs الموجود في مياه البحر بتأثير الأحياء الموجودة في تلك المياه بشكل طبيعي في درجات حرارة مختلفة تبين أن 90% من LASs يتفكك حيوياً في درجة الحرارة 25°C خلال 15 يوماً، أما الجراثيم المستعملة في البحث. وقد فككت LASs بنسبة كبيرة خلال 3 أيام فقط، وكانت درجة الحرارة في شهر حزيران أكثر ملاءمة لها نظراً لأن الأحياء المستعملة أليفة لدرجة الحرارة 30°C، مما ساعدها على تفكيك تلك المادة بشكل جيد، مع ملاحظة غياب حالة التنافس بين الأحياء التي كانت في تجربة الباحث Sales,D، يضاف إلى ذلك أن LASs هو المصدر الكربوني والكبريتي الوحيد في تجربة البحث، أما في تجربة الباحث Sales,D فتوجد مصادر أخرى للكربون والكبريت والطاقة.

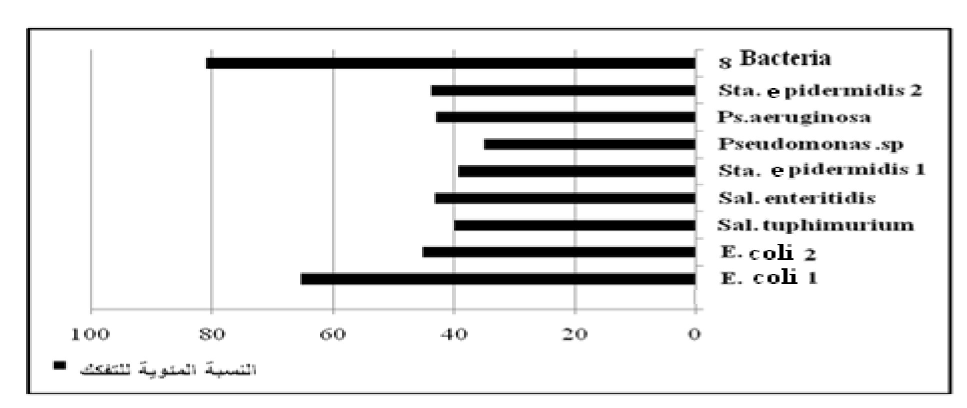
5.3- التفكيك الحيوي SDSs في وسط صنعي سائل بتأثير الجراثيم المنتقاة مجتمعة.

يوضح الشكل 128 أن نسبة التفكيك كانت مرتفعة عند تركيز 500 ملغ/ل بوجود جميع السلالات الجرثومية المستعملة معاً، وقد بلغت خلال 3 أيام نحو 81%، واقتربت خلال اليوم السابع من أن تكون تامة وبلغت 99.88% وقد يعود السبب إلى تكافل هذه الجراثيم على النمو بوجود تركيز 500 ملغ/ل، واستطاعت تفكيك SDSs بنسبة عالية جداً، أما عند التركيز 1000 ملغ/ل فإن التفكيك كان منخفضاً في نهاية التجربة متجاوزاً قليلاً 17%.



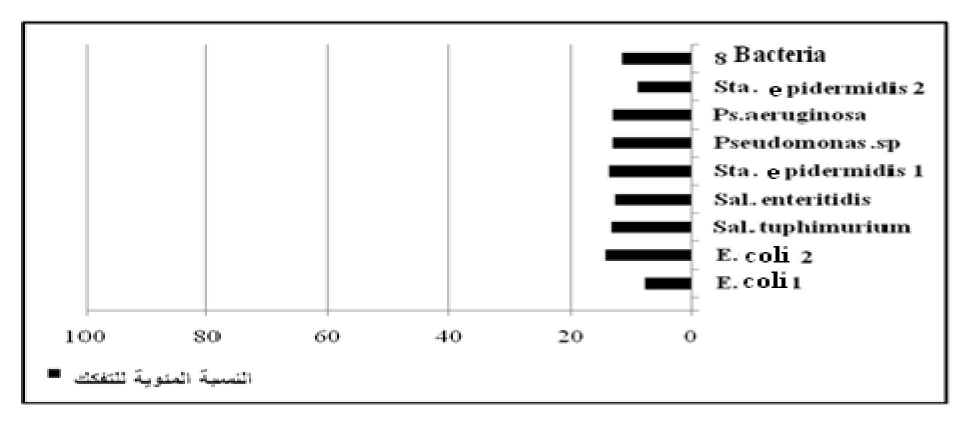
الشكل 128. النسبة المئوية لمادة SDSs المتفككة بوجود السلالات مجتمعة خلال أسبوع وفي درجة 25°C.

عند مقارنة نسبة التفكيك بوجود الجراثيم المختارة مجتمعة، ونسبة التفكيك الناتجة عن عمل كل منها منفردة، بوجود التركيز 500 ملغ/ل يلاحظ أن وجود السلالات الجرثومية مجتمعة كان له تأثير أكبر في عملية التفكيك الحيوي لمركب SDSs إذ بلغت النسبة خلال 72 ساعة 81% وكانت أفضل نسبة عند عمل الجراثيم المستعملة بشكل منفرد عند *E. coli* 1 بنسبة 65.22% وأن الأنواع جميعها كانت متوسطة التفكيك في 25°C، ويمكن تفسير ذلك بأن زيادة عدد الجراثيم وتنوعها كان له التأثير الإيجابي الأكبر في عملية التفكيك الحيوي لمادة SDSs، وهذا ما يترافق أيضاً مع زيادة نشاط تلك الأحياء الدقيقة وتنوعها، كما هو ملاحظ في الشكل 129.



الشكل 141. مقارنة تغيّر النسبة المئوية لتفكيك SDSs (500 ملغ/ل) عند السلالات منفردة والسلالات مجتمعة (25°C) **خلال 72 ساعة.**

أما في حالة وجود التركيز 1000 ملغ/ل من SDSs في الوسط، فيلاحظ أن نسبة التفكيك بوجود السلالات مجتمعة كانت ضعيفة (11.69%) وهي قريبة من نسبة التفكيك الناتجة عن عمل أي من الأحياء الدقيقة على حدة في الدرجة 25°C ، مما يؤكد التأثير المثبط لهذا التركيز المرتفع على الجراثيم المدروسة، إذ كانت النسبة نحو 15% كما في الشكل 130.

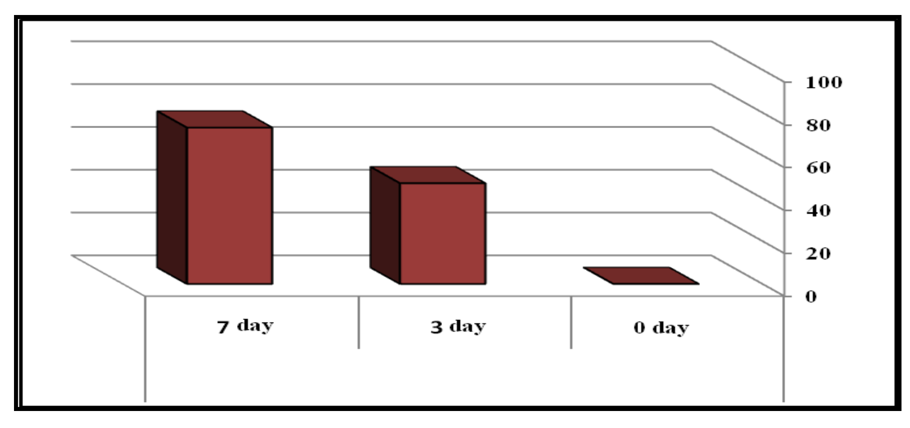


الشكل 130. مقارنة تغيّر النسبة المئوية لتفكيك SDSs (1000ملغ/ل) عند السلالات منفردة والسلالات مجتمعة (25°C) خلال 72 ساعة.

6.3- التفكيك الحيوي للمواد الفعّالة سطحياً في بعض أنواع المنظفات في وسط صنعي سائل بتأثير الجراثيم المنتقاة.

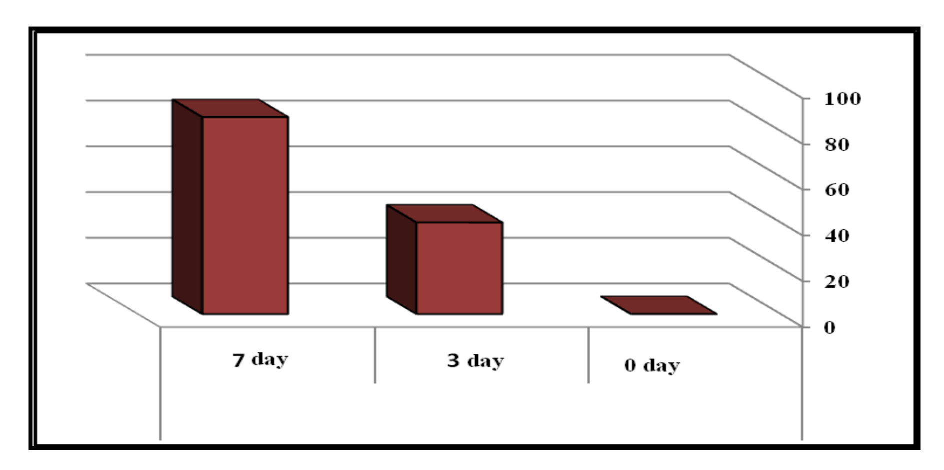
إن نتائج تأثير الجراثيم المنتقاة في المواد الفعّالة سطحياً الموجودة في بعض أنواع المنظفات في وسط صنعي سائل مبينة بالأشكال 131 – 137.

يلاحظ من الشكل 131 أنه عند استعمال مسحوق الغسيل (مدار) بصفته مصدراً للكربون والطاقة طرأ حدوث تغيّر في تركيز الكبريتات في الوسط، إذ إنّ نسبة تفكيك LASs في الوسط والحاوي منظف مدار كانت 47% خلال ثلاثة أيام وارتفعت إلى 73% بعد أسبوع بوجود السلالات الثماني مجتمعة.



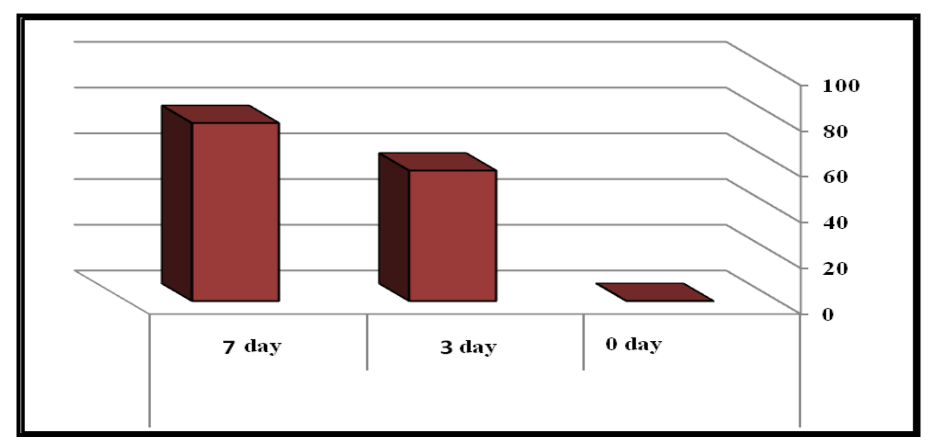
الشكل 131. النسب المئوية لتفكيك LASs في عينة منظف مدار.

أما في حال استعمال مسحوق الغسيل (سوبر توبر) فيلاحظ أن نسبة تفكيك LASs في الوسط الحاوي هذا المنظف كانت 40% خلال ثلاثة أيام و86.1% خلال أسبوع بوجود السلالات الثماني مجتمعة، كما في الشكل 132.



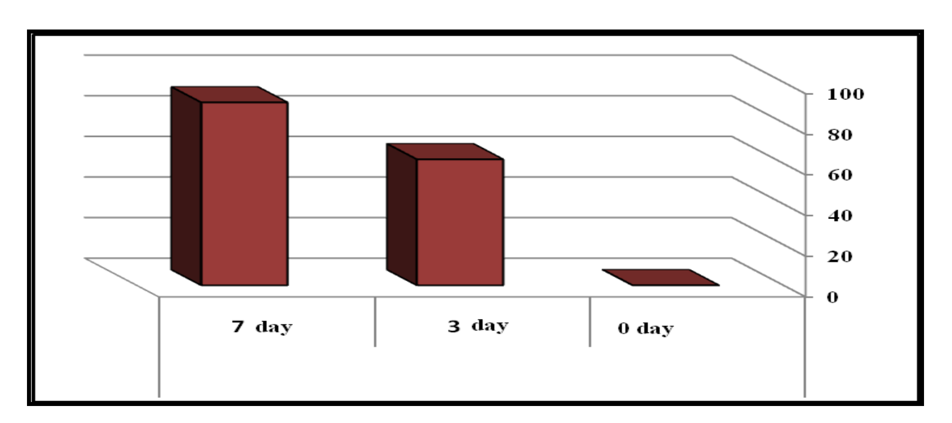
الشكل 132. النسب المئوية لتفكيك LASs **في عينة منظف سوبر توبر.**

أما عند استعمال مسحوق الغسيل (برنس) فقد لوحظت زيادة تركيز الكبريتات في الوسط الذي يدل على زيادة تفكيك LASs، وذلك مقارنة بالشكلين 131 و 132، ووصلت نسبة تفكيك LASs إلى 57% خلال الأيام الثلاثة الأولى للتجربة، وأصبحت 77.8% بعد أسبوع بوجود السلالات الثماني مجتمعة، كما في الشكل 133.



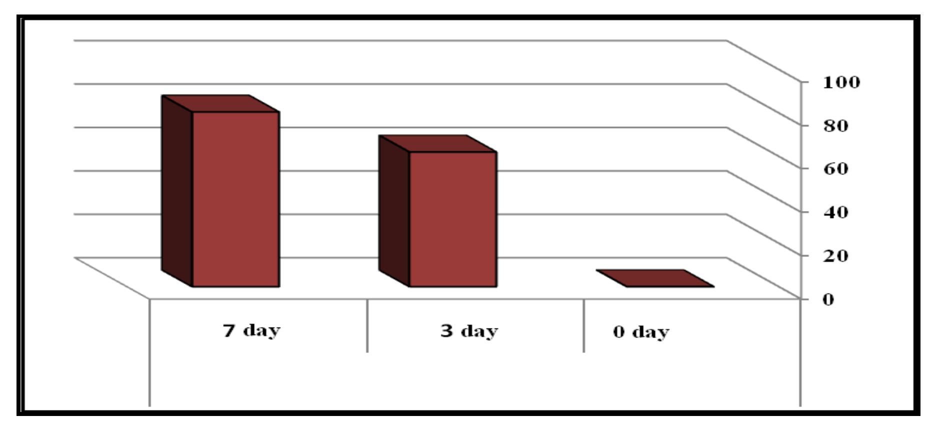
الشكل 133. النسب المئوية لتفكيك LASs **في عينة منظف برنس.**

وفي الشكل 134 استعمل مسحوق الغسيل (برسيل) لوحظ أيضاً أن نسبة تفكيك LASs في الوسط المدروس قد ارتفعت طيلة فترة التجربة مقارنة بباقي المنظفات، وكانت 62% خلال ثلاثة أيام وارتفعت إلى 90% بعد أسبوع بوجود السلالات الثماني مجتمعة.



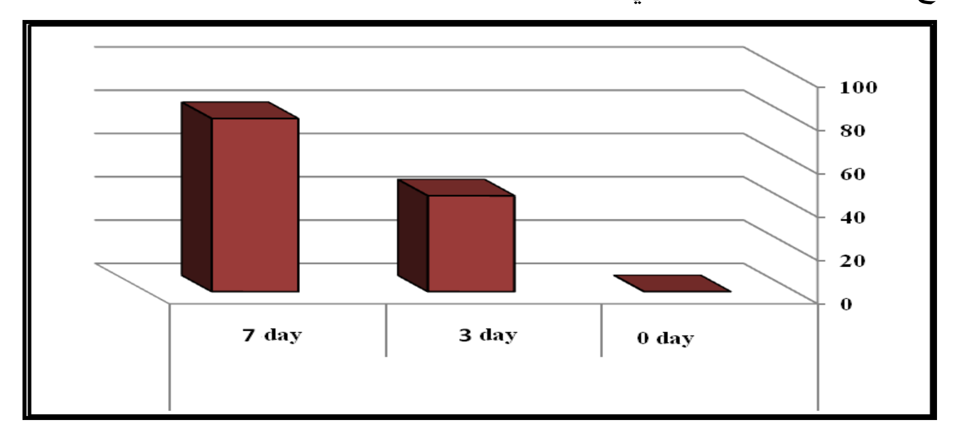
الشكل 134. النسب المئوية لتفكيك LASs في عينة منظف برسيل.

وقد لوحظت هذه الحالة أيضاً في الشكل 135 عند استعمال مسحوق الغسيل (أريان) فارتفعت نسبة تفكيك LASs في الوسط المدروس خلال الأيام الثلاثة الأولى للتجربة وبلغت 62% خلال ثلاثة أيـام و 80.4% بعـد أسبوع أقل مما لوحظ في حالة (برسيل) بعد أسبوع من بدء التجربة، بوجود السلالات الثماني مجتمعة.



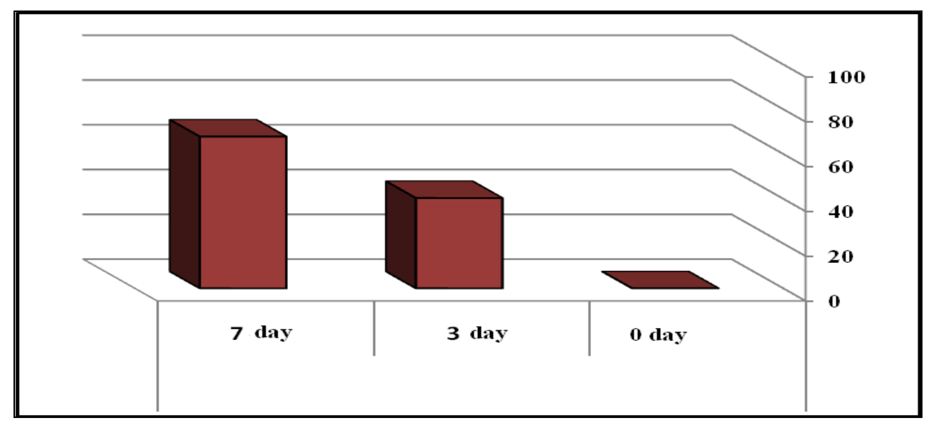
الشكل 135. النسب المئوية لتفكيك LASs في عينة منظف أريان.

وانخفضت تلك النسب عند استعمال مسحوق الغسيل (الأفراح) كما هو موضح في الشكل 136، إذ بلغـت نسبة تفكيك LASs في الوسط المدروس الحاوي منظف الأفراح 44.28% خلال ثلاثة أيـام وارتفعـت إلـى 79.96% بعد أسبوع بوجود السلالات الثماني مجتمعة.



الشكل 136. النسب المئوية لتفكيك LASs في عينة منظف الأفراح.

كما انخفضت النسب في حالة مسحوق الغسيل (نايس) فيلاحظ في الشكل 137 أن نسبة تفكيك LASs في الوسط الحاوي منظف (نايس) قد بلغت 40.32%، خلال ثلاثة أيام وارتفعت إلى 67.79%، بعد أسبوع بوجود السلالات الثماني مجتمعة.

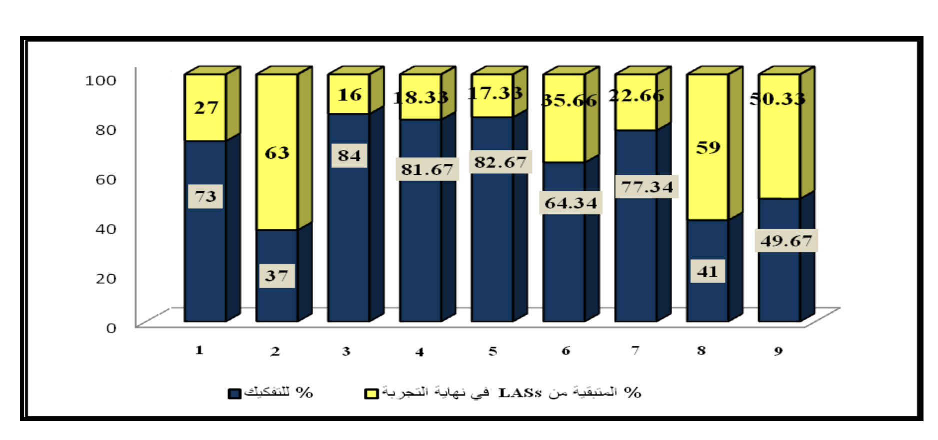


الشكل 137. النسب المئوية لتفكيك LASs في عينة منظف نايس.

بمقارنة نتائج تفكيك LASs في المنظفات السابقة، مع دراسة الباحث Ogbulie وزملاؤه في العام (2008) إذ استعمل ثلاثة منظفات هي (أومو Omo، جت Jet، وبرسيل Persil) وكانت نتائج تفكيك المنظف برسيل هي الأقل مقارنة بباقي المنظفات، إضافة لاستعمال الباحث أنواع جرثومية أكثر تنتمي إلى (*Bacillus*، *Micrococcus*، *Escherichia*، *Enterobacter*، *Klebsiella*، *Psendomonas*، *Actinomyces*، *Corynebacterium*، *Serratia* و *Staphylococcus*)، لكن لوحظ أن الجراثيم التي استمرت حتى نهاية التجربة، التي تراوحت مدتها بين 96 – 144 ساعة، كانت *Pseudomonas*، *Bacillus* ، *Actinomyces* ، *Corynebacterium*، و *Staphylococcus* على الترتيب، وأظهرت أنواع *Pseudomonas* أفضل نتائج للتفكيك وأنواع *Staphylococcus* أقلها، علماً أن الجراثيم التي استعملها معزولة عن مياه نهر، ربما يفسر ذلك نتائج *Pseudomonas* و *Staphylococcus* المستعملة في الدراسة الحالية، في الحالات التي تفوقت فيها على السلالات الأخرى المستعملة، لقدرتها على البقاء فترة أطول بوجود المواد الفعّالة المستعملة في حين تتأثر تلك السلالات سلباً بالمواد الفعّالة سطحياً مع مرور زمن التجربة.

7.3– التفكيك الحيوي لمركبات C12-LASs في وسط صنعي سائل.

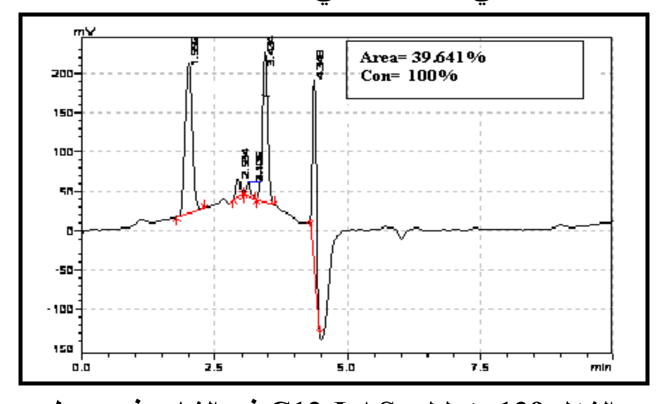
يلاحظ بالشكل 138 أن جميع السلالات استطاعت تفكيك C12-LASs بشكل منفرد، وعند وجودها معاً، وكان أفضلها تفكيكاً *Sal. tuphimurium* و *Sta. epidermidis 1* و *Sal. enteritidis* وفق النسب (84%، 82.67%، 81.67%) على الترتيب، وبشكل عام كان عمل كل سلالة جرثومية على حدة أفضل من عملها مجتمعة ولم تتجاوز النسبة 50%.



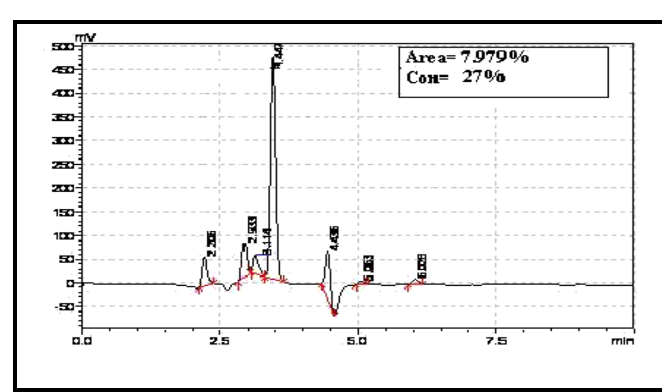
1	*E.coli 1*
2	*E.coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps.aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*
9	8 Bacteria

الشكل 138. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال السلالات المنتقاة.

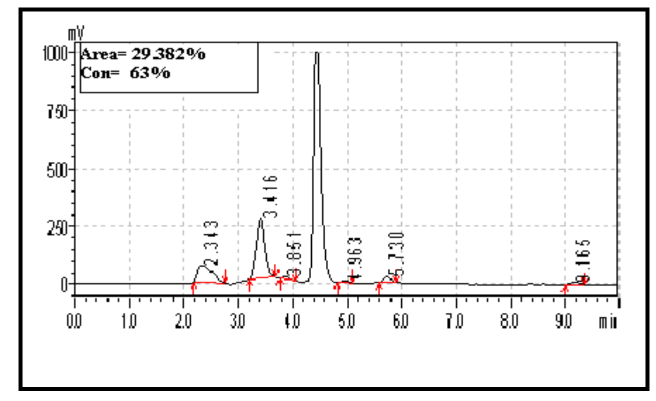
وتبيّن الأشكال من 139 – 148 نتائج التحليل باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا السائلة للتفكيك الحيوي C12-LASs في وسط صنعي سائل.



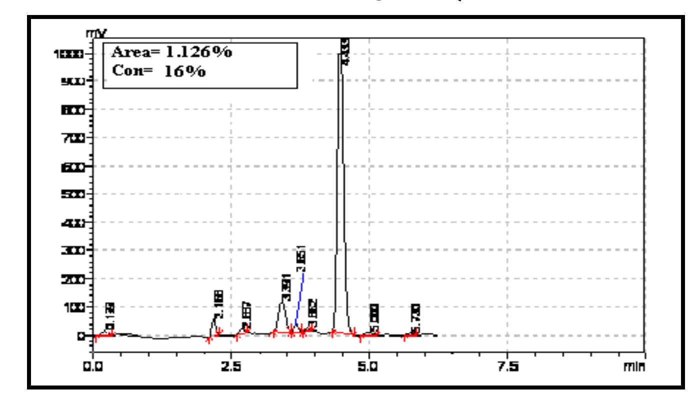
الشكل 139. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط صنعي سائل.



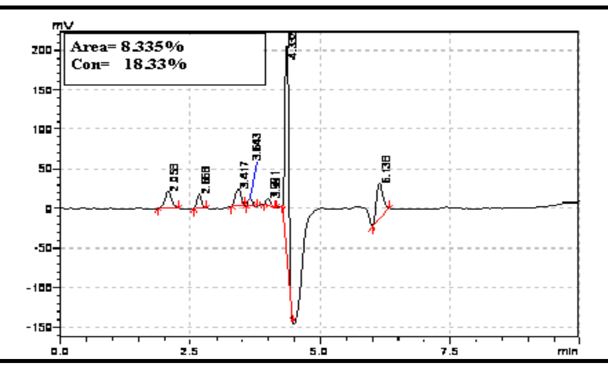
الشكل 140. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *E.coli 1*.



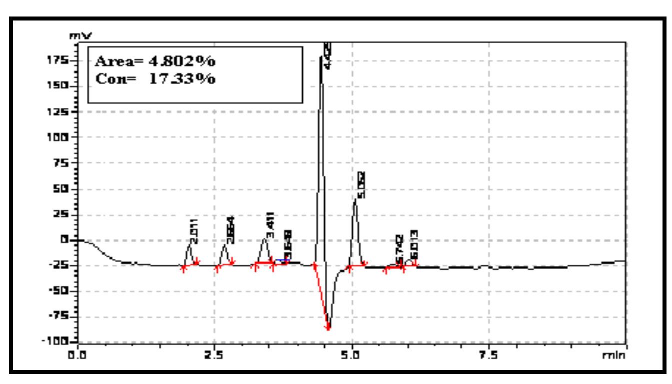
الشكل 141. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *E.coli 2*.



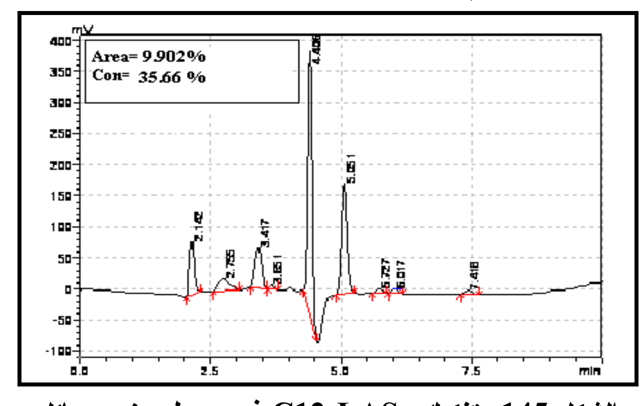
الشكل 142. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *Sal. tuphimurium*.



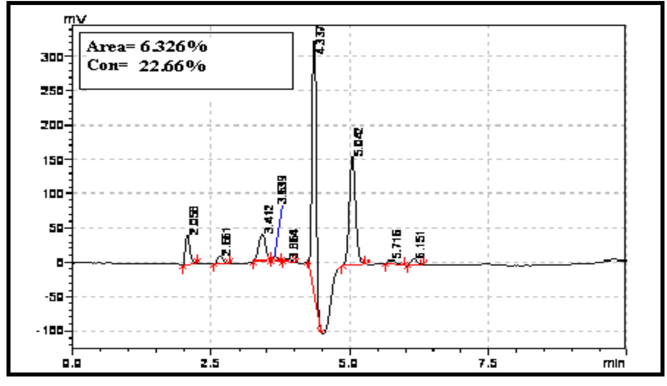
الشكل 143. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *Sal. enteritidis*.



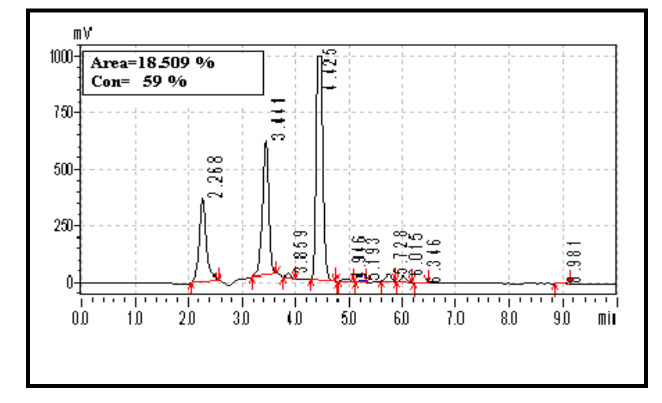
الشكل 144. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *Sta. epidermidis 1*.



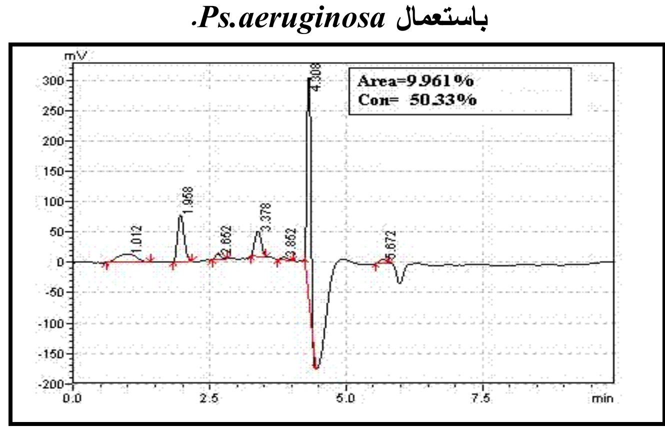
الشكل 145. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *Sta. epidermidis2*.



الشكل 146. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *Ps.aeruginosa*.



الشكل 147. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال *Pseudomonas sp*.



الشكل 148. تفكيك C12-LASs في وسط صنعي سائل باستعمال كل السلالات المنتقاة معاً.

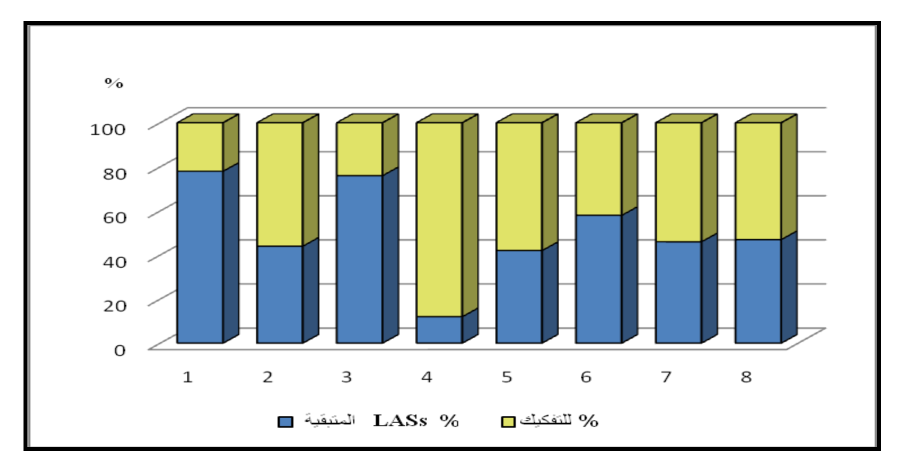
بالمقارنة مع تجربة الباحث Abboud وزملاؤه (2007) استعمل التركيز نفسه وتبيّن أن الأحياء الدقيقة التي استعملها، والمعزولة عن مياه صرف أيضاً، قد فككت LAS بنسبة وصلت حتى 60 % خلال 150 ساعة (ضعف مدة التجربة الحالية) وذلك في درجة الحرارة نفسها، وهذا يؤكد على أهمية عمل الجراثيم المنتقاة والمستعملة في البحث الحالي في تفكيكها LAS.

8.3- التفكيك الحيوي C12-LASs بتأثير الجراثيم المنتقاة في وسط طبيعي من مياه الصرف.

نظراً إلى النشاط المتباين للأنواع والسلالات الجرثومية المعزولة من مياه الصرف، والمنتقاة في التراكيز ودرجات الحرارة ودرجات الحموضة المختلفة، أجريت دراسة تأثير فعالية الجراثيم جميعها في مياه صرف صحي طبيعية، وفق الآتي:

1.8.3- وسط طبيعي من مياه الصرف الصحي المعقّم بالحرارة.

زرعت السلالات جميعها، وبشكل منفرد، في مياه صرف معقّمة، مع إضافة واحد شاهداً، والنتائج مبينة بالشكل 149، إذ يلاحظ أن جميع السلالات منفردة استطاعت تفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه الصرف المعقّمة في الدرجة 15°C، ولكن بنسب متفاوتة بين ضعيفة ومتوسطة، وكان أفضلها *Sal. enteritidis*، بنسبة 88%.



1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

الشكل 149. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (عينة معقمة) باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة 15°C.

يلاحظ بالشكل 150 أن جميع السلالات استطاعت أن تفكك C12-LASs بشكل منفرد في عينة مياه الصرف المعقّمة في الدرجة 25°C، وكان أفضلها تفكيكاً *Sal. enteritidis*، وكانت نسبة التفكيك نحو 80%، وكان معظمها متوسطة القابلية للتفكيك.

1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

الشكل 150. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (عينة معقمة) باستعمال

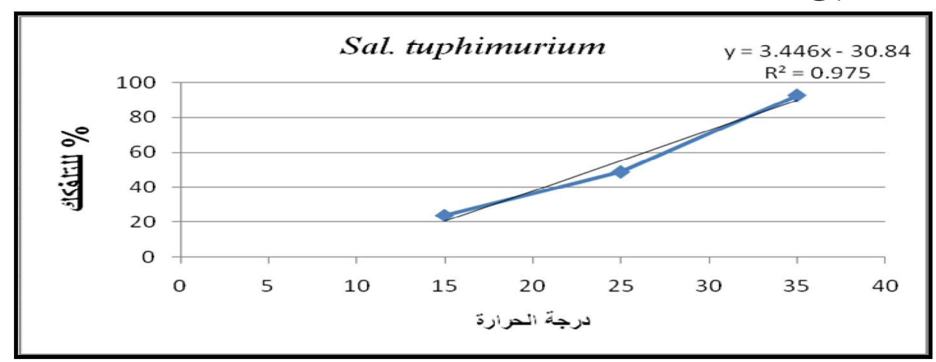
الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة 25°C.

يلاحظ بالشكل 151 أن السلالات استطاعت أن تفكك C12-LASs جيداً، وبشكل عام، في عينة مياه الصرف المعقّمة في الدرجة 35°C، وكانت الأفضل تفكيكاً *Sal. tuphimurium*، بنسبة 92.92%.

1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

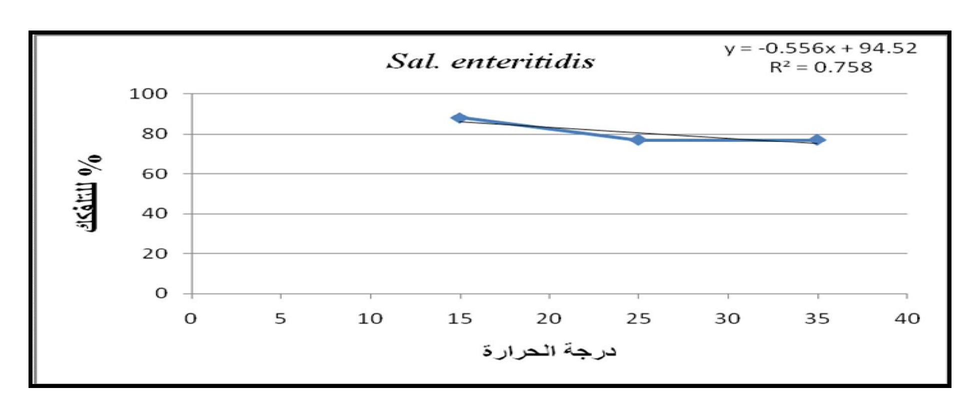
الشكل 151. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (عينة معقمة) باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة 35°C.

وبينت الدراسة الإحصائية كما يلاحظ بالشكل 152 أن قدرة *Sal. tuphimurium* على تفكيك C12-LASs الموجودة في مياه الصرف (معقّمة بالحرارة) تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة، وتبدي علاقة ارتباط طردية واضحة تحقق المعادلة ($Y= 3.446x - 30.84$) ذات معامل الارتباط $R = 0.975$ ، بنسبة تفكيك 92.92% في الدرجة 35°C، مما يشير إلى أنها أليفة حرارة.



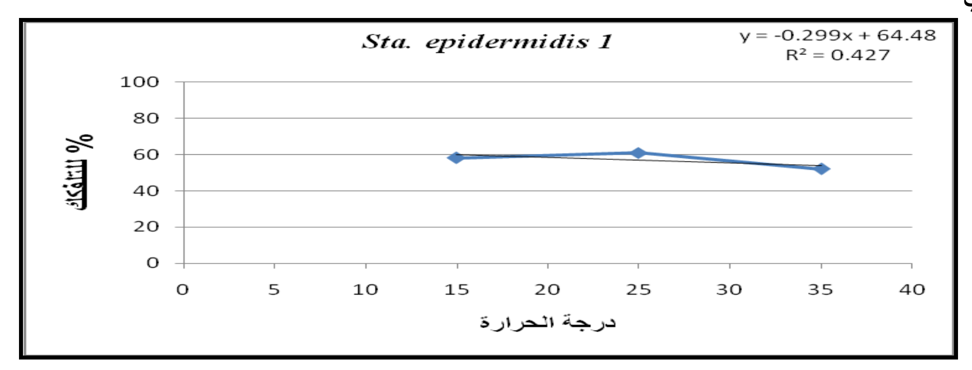
الشكل 152. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *Sal. Tuphimurium* في درجات الحرارة المختلفة.

ويبين الشكل 153 أنه عند وجود *Sal. enteritidis* تكون العلاقة غير واضحة، تحقق المعادلة ($Y=-0.556x + 94.52$) ذات معامل الارتباط $R= 0.758$، مع ملاحظة أن فروق نسبة التفكيك لم تتجاوز 11% وكانت أفضل نسبة تفكيك 88% في درجة 15°C، وقد تعود هذه النتيجة إلى وجود مواد متنوعة في عينة مياه الصرف المعقّمة، مما يشير إلى أنها واسعة المجال الحراري.



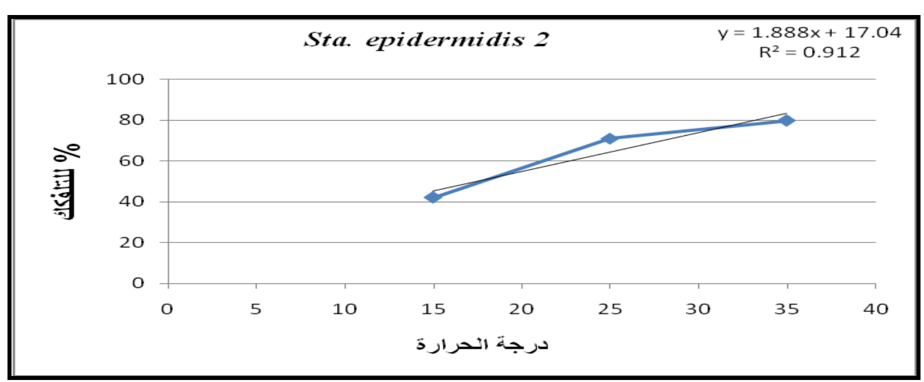
الشكل 153. النسبة المئوية لتفكك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *Sal. enteritidis* في درجات الحرارة المختلفة.

يوضح الشكل 154 أن *Sta. epidermidis 1* استطاعت تفكيك C12-LASs الموجودة في العينة المدروسة ولم تتأثر كثيراً بارتفاع درجة الحرارة، وكانت أفضل النتائج 61% في درجة 25°C، والعلاقة غير واضحة، وتحقق المعادلة (Y= -0.299x + 64.48) إذ إنّ معامل الارتباط لها R = 0.427، مما يشير إلى أنها واسعة المجال الحراري.



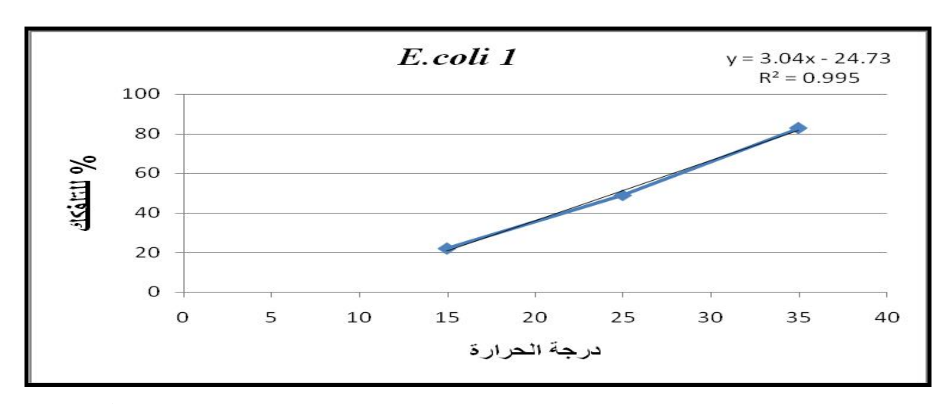
الشكل 154. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *Sta. epidermidis 1* في درجات الحرارة المختلفة.

أما الشكل 155 فيبين أنه بوجود *Sta. epidermidis 2* تكون العلاقة طردية، وتحقق المعادلة (Y= 1.888x + 17.04) ذات معامل الارتباط R= 0.912، وبلغت أفضل نسبة تفكيك في درجة 35°C، وكانت 79.77 %، وتبين عند مقارنة السلالتين معاً (من نوع واحد) أن *Sta. epidermidis 2* هي الأفضل، وأنها أليفة الحرارة.



الشكل 155. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *Sta. epidermidis 2* في درجات الحرارة المختلفة

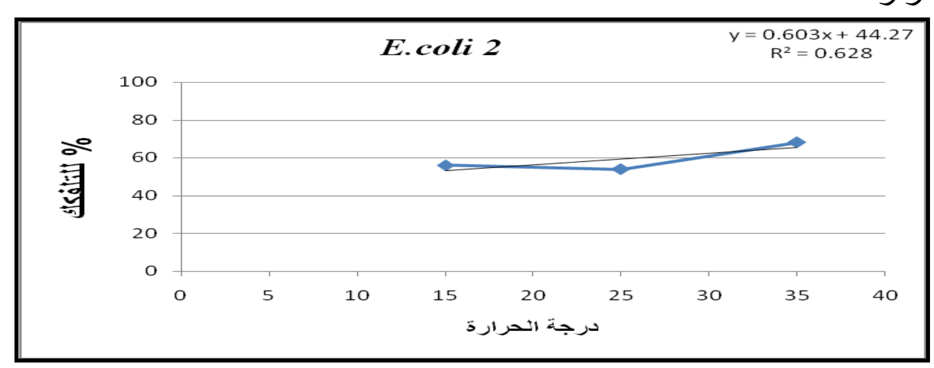
وبيّن الشكل 156 أن *E.coli 1* فككت C12-LASs بشكل جيد، وازدادت فعاليتها في التفكيك مع ارتفاع درجة الحرارة، والعلاقة بين تغيّر درجة الحرارة وبين النسبة المئوية للتفكيك علاقة طردية، وكانت أفضل نسبة تفكيك في درجة 35°C، فبلغت 82.8%، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي (Y= 3.04x - 24.73) إذ إنَّ معامل الارتباط لها R = 0.995، مما يشير إلى أنه أليف الحرارة.



الشكل 156. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *E.coli 1* في درجات الحرارة المختلفة.

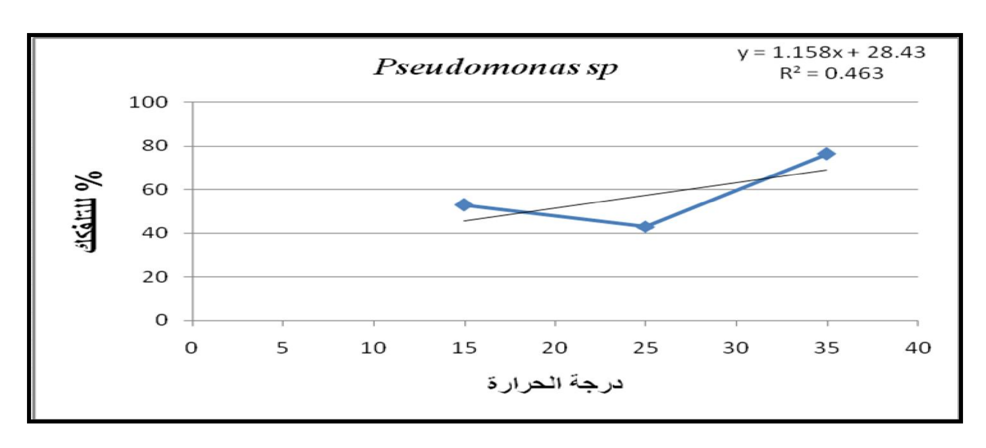
يلاحظ أيضاً في الشكل 157 إن *E.coli 2* استطاعت تفكيك C12-LASs بنسبة متوسطة ومتقاربة مع تغيّر درجة الحرارة وكانت ثابتة إلى حدٍّ ما حتى تجاوزت ٢٥°C، مع ملاحظة زيادة قليلة في نسبة التفكيك عند الدرجة 35°C، وعلاقة الارتباط غير واضحة، إذ وصلت أفضل نسبة تفكيك إلى 68% عند الدرجة ٣٥°C، ويمكن في هذه الحالة تطبيق المعادلة (Y= 0.603x + 44.27) ومعامل الارتباط لها R = 0.628.

نلاحظ عند مقارنة السلالتين معاً (من نوع واحد) أن السلالة *E.coli 1* هي الأفضل بينهما والأكثر ارتباطاً مع تغيّر درجة الحرارة.



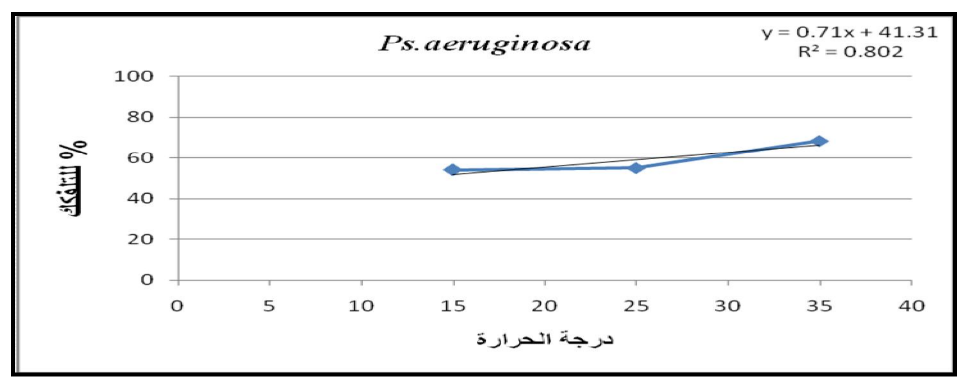
الشكل 157. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *E.coli 2*

يبيّن الشكل 158 قدرة *Pseudomonas sp* على تفكيك C12-LASs، ولكن العلاقة مع درجة الحرارة مذبذبة، وقد لوحظ تفضيل هذه الأحياء الدقيقة لدرجات الحرارة ١٥°C و٣٥°C، وبلغت أفضل نسبة تفكيك في ٣٥°C (٧٦%)، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي (Y= 1.158x + 28.43) إذ إنَّ معامل الارتباط لها R = 0.463.



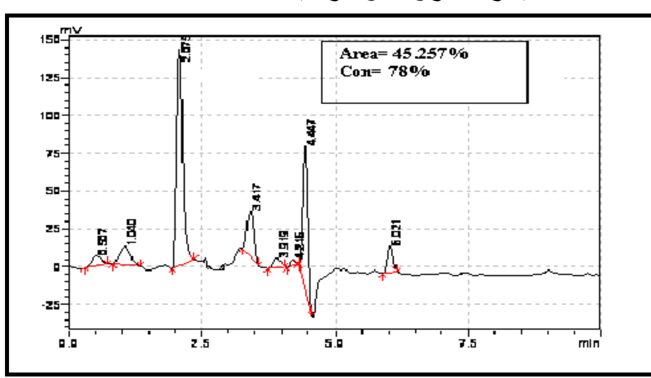
الشكل 158. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *Pseudomonas sp* في درجات الحرارة المختلفة.

وتستطيع *Ps.aeruginosa* تفكيك C12-LASs بشكل متوسط إلى جيد مع ملاحظة تقارب نسبة التفكيك في الدرجتين ١٥°C و٢٥°C والعلاقة مع درجة الحرارة طردية، ووصلت أفضل نسبة تفكيك في الدرجة ٣٥°C (68%)، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي $(Y= 0.71x + 41.31)$ ومعامل الارتباط لها $R = 0.802$، كما هو موضح بالشكل 159.

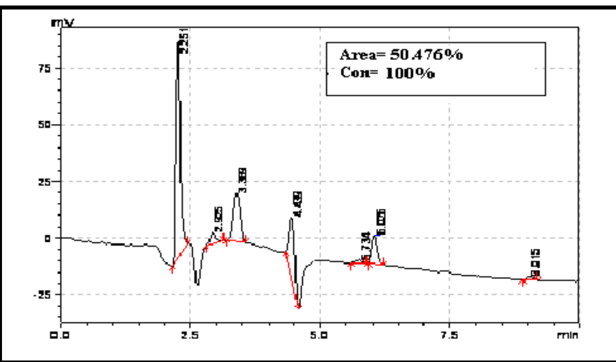


الشكل 159. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف معقّمة بالحرارة بوجود *Ps.aeruginosa* في درجات الحرارة المختلفة.

عند مقارنة عمل *Pseudomonas sp* و *Ps.aeruginosa* (من جنس واحد) يُلاحظ أن *Ps.aeruginosa* هي الأفضل نظراً إلى كونها الأكثر ارتباطاً في التفكيك مع ارتفاع درجة الحرارة، والأشكال 160 – 186 تبيّن نتائج تحليل C12-LASs في مياه صرف طبيعية معقّمة باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا السائلة.

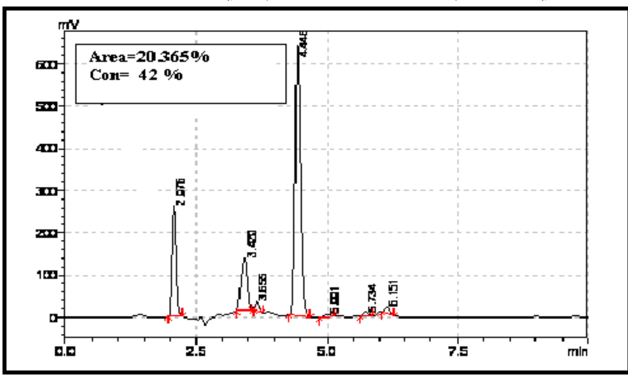


الشكل 161. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة

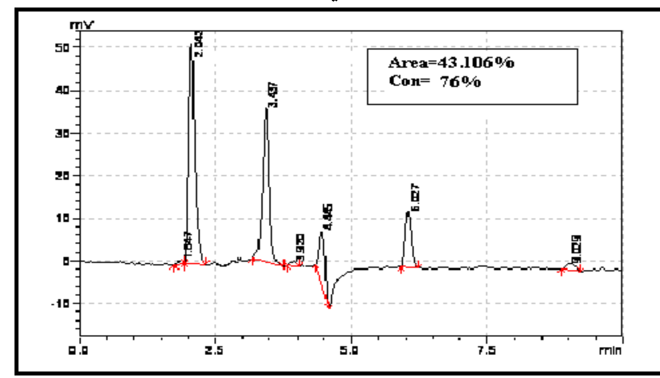


الشكل 160. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط

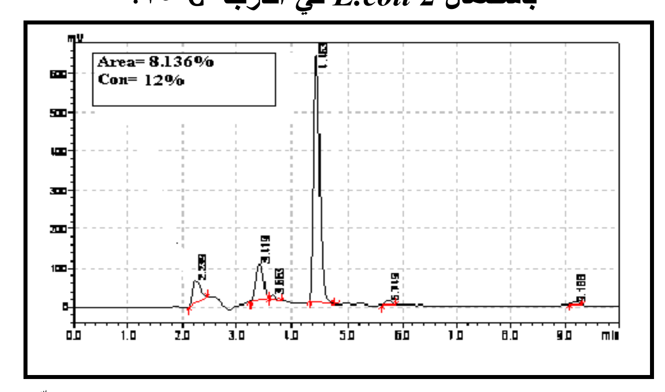
طبيعي سائل (مياه صرف معقّمة) في الدرجة ١٥°C.



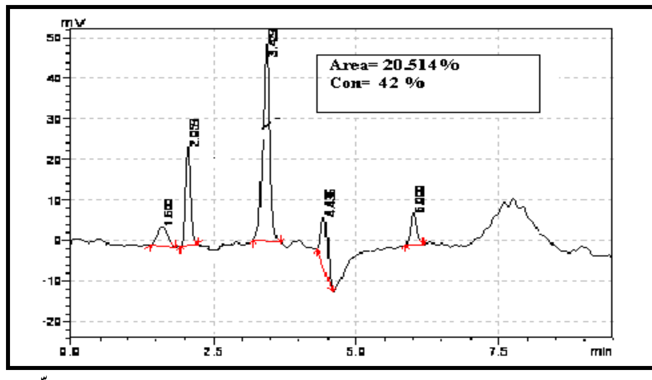
باستعمال 1 *E.coli* في الدرجة ١٥°C.



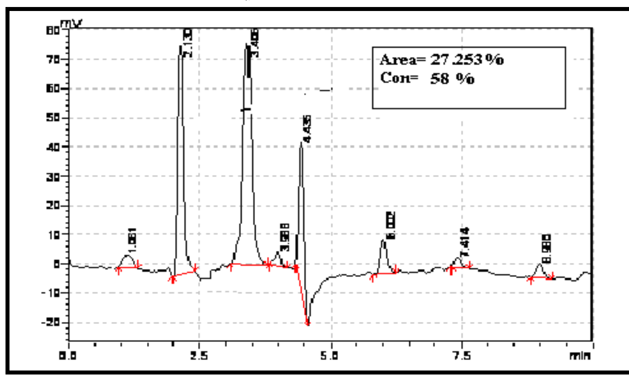
الشكل 162. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال 2 *E.coli* في الدرجة ١٥°C.



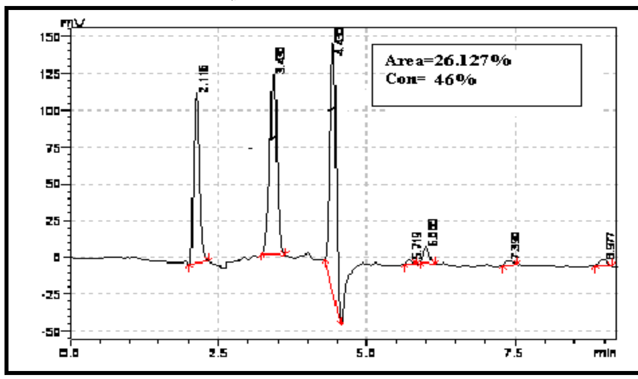
الشكل 163. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ١٥°C.



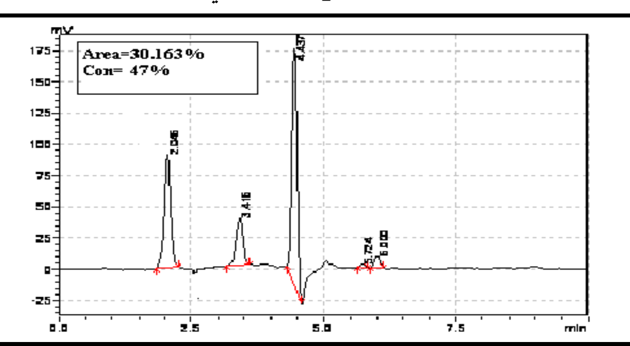
الشكل 164. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ١٥°C.



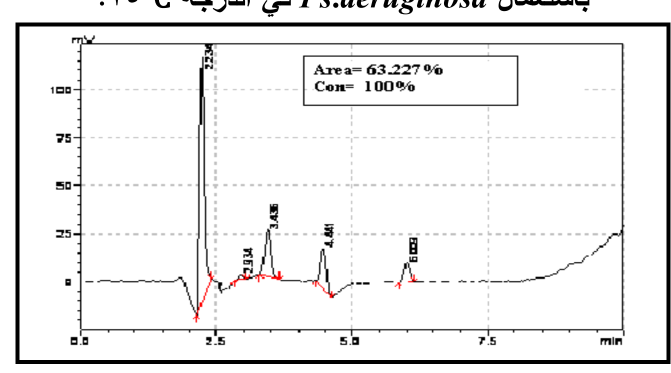
الشكل 165. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال 1 *Sta. epidermidis* في الدرجة ١٥°C.



الشكل 166. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال 2 *Sta. epidermidis* في الدرجة ١٥°C.



الشكل 167. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ١٥°C.

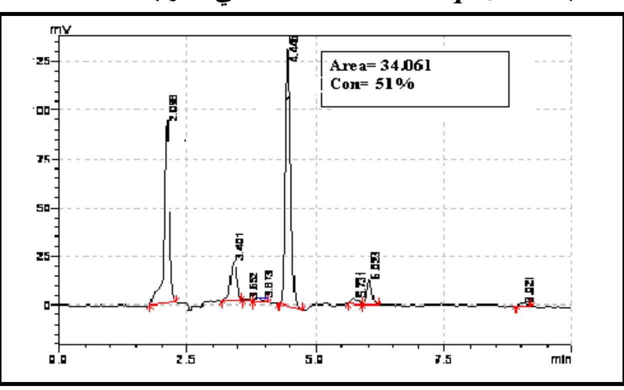


الشكل 168. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة

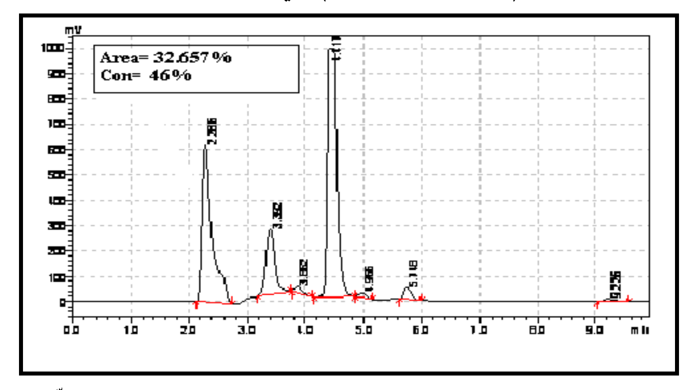
الشكل 169. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط طبيعي

باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ١٥°C.

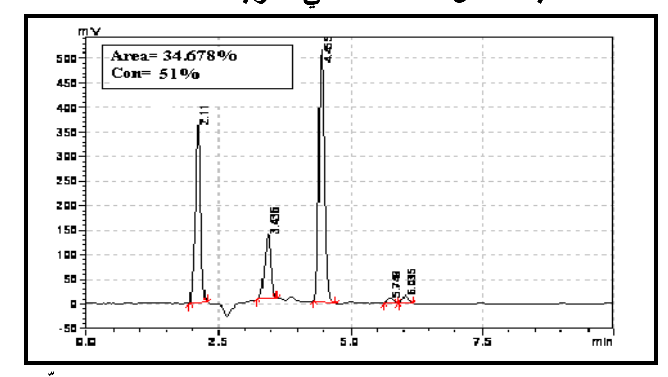
سائل (مياه صرف معقّمة) في الدرجة ٢٥°C.



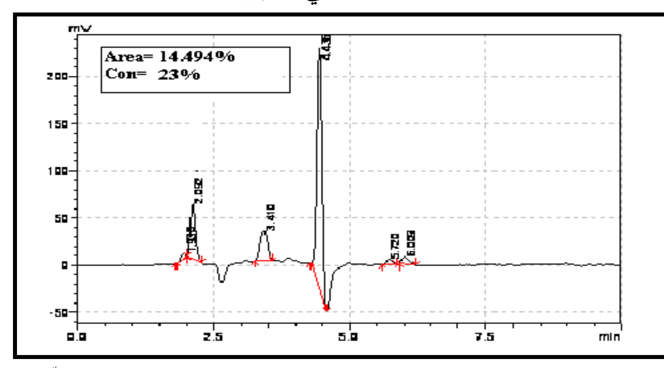
الشكل 170. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *E.coli 1* في الدرجة ٢٥°C.



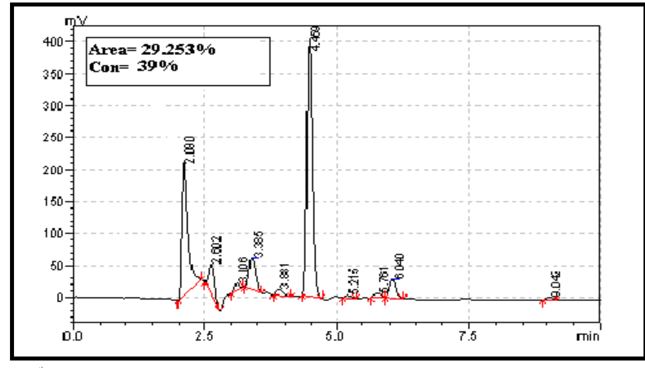
الشكل 171. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *E.coli 2* في الدرجة ٢٥°C.



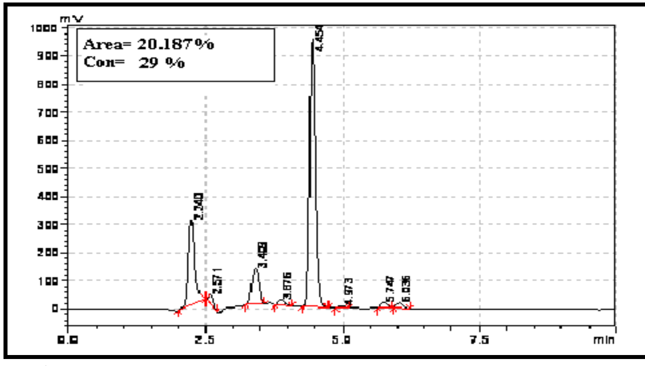
الشكل 172. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ٢٥°C.



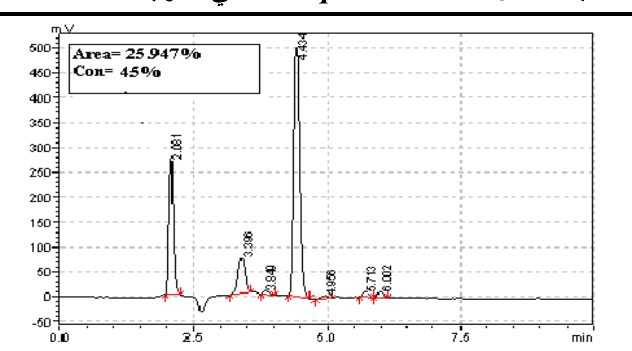
الشكل 173. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ٢٥°C.



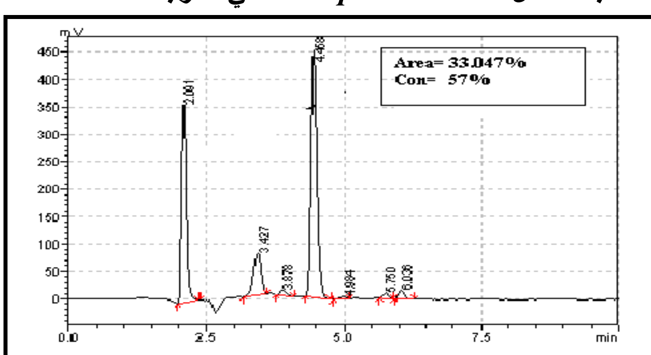
الشكل 174. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sta. epidermidis 1* في الدرجة ٢٥°C.



الشكل 175. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sta. epidermidis 2* في الدرجة ٢٥°C.



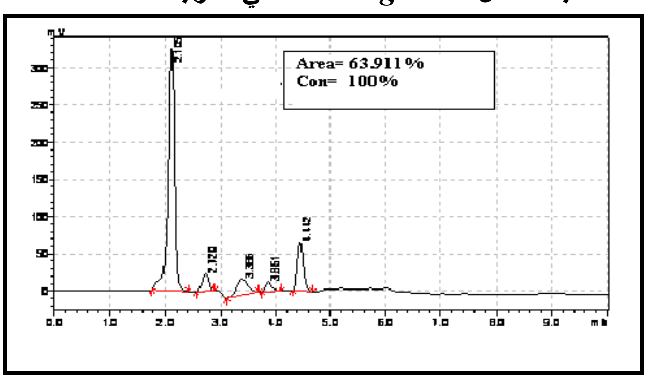
الشكل 176. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة



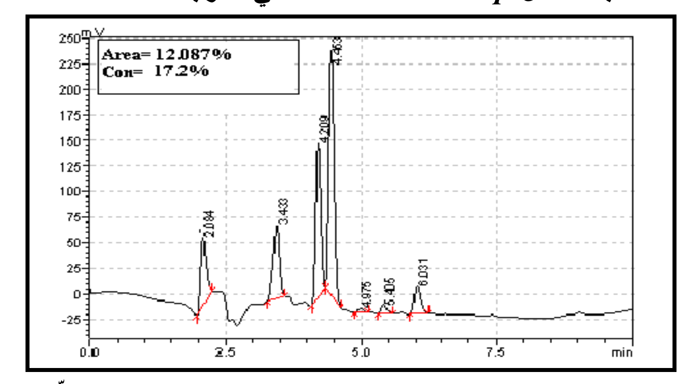
الشكل 177. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة

باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ٢٥°C.

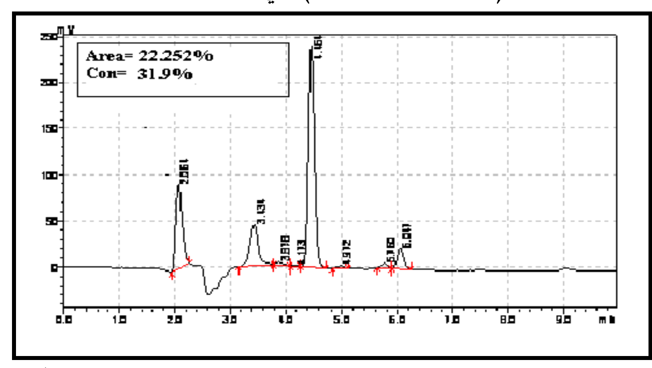
باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ٢٥°C.



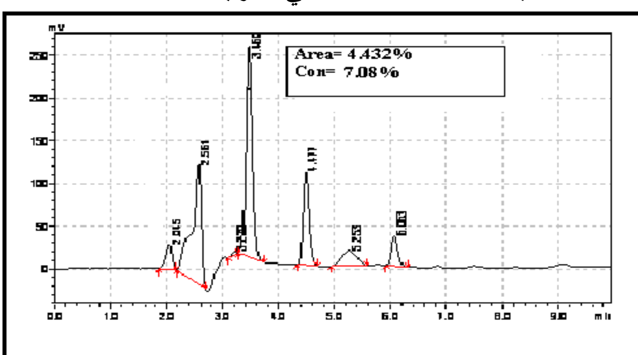
الشكل 178. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط طبيعي سائل (مياه صرف معقّمة) في الدرجة ٣٥°C.



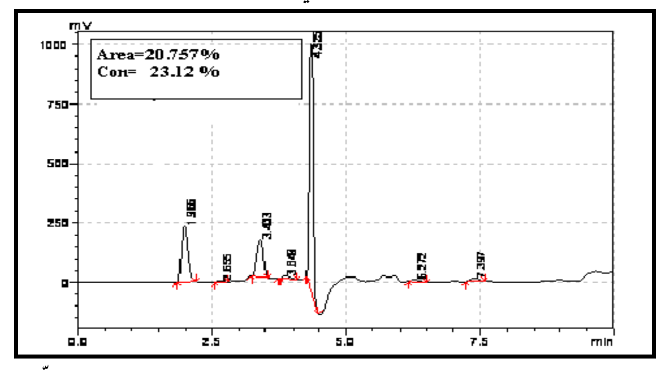
الشكل 179. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *E.coli 1* في الدرجة ٣٥°C.



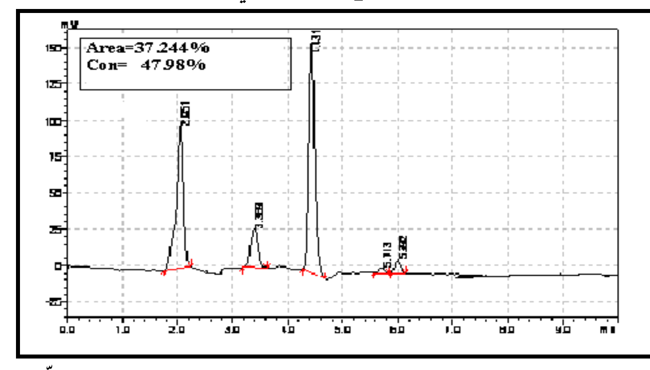
الشكل 180. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *E.coli 2* في الدرجة ٣٥°C.



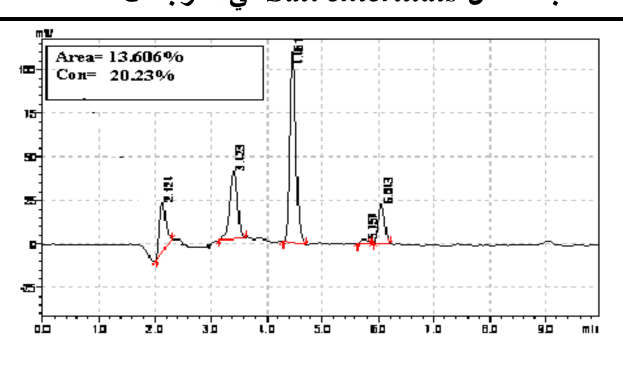
الشكل 181. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ٣٥°C.



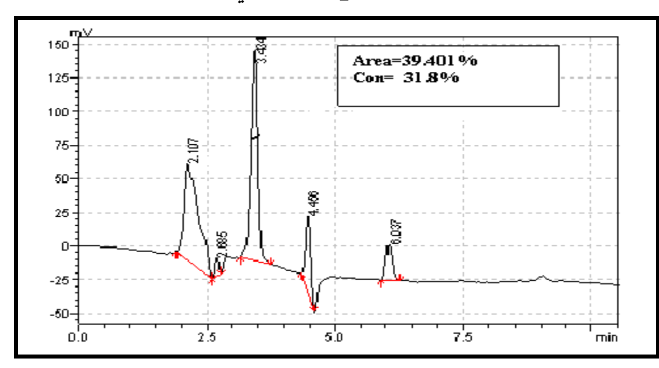
الشكل 182. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ٣٥°C.



الشكل 183. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Sta. epidermidis 1* في الدرجة ٣٥°C.



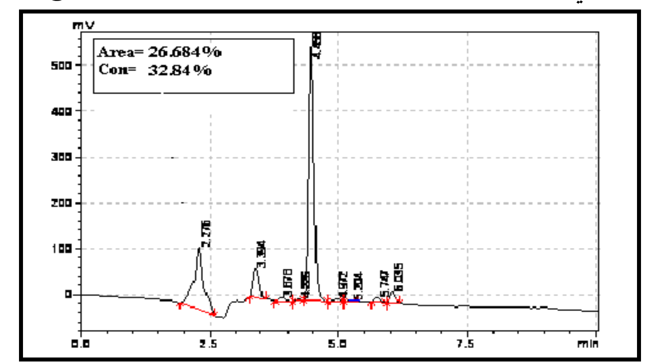
الشكل 184. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة



الشكل 185. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة

باستعمال *Sta. epidermidis 2* في الدرجة ٣٥°C.

باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ٣٥°C.



الشكل 186. تفكيك C12-LASs في وسط مياه صرف معقّمة باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ٣٥°C.

2.8.3– التفكيك الحيوي لمركبات C12-LASs في وسط طبيعي غير معقم من مياه الصرف.

طبقت التجربة على عينة من موقع أفاميا والرمل الجنوبي، كلاً على حدة.

1.2.8.3– وسط طبيعي غير معقّم من موقع أفاميا:

يلاحظ في الشكل 187 أن جميع السلالات كانت قادرة على تفكيك C12-LASs بشكل منفرد، وكان أفضلها تفكيكاً *Sta. epidermidis2*، و *Sal. tuphimurium*، و *E.coli2* و *Sta. epidermidis 1* و *Pseudomonas sp* وفق النسب (90%، 87%، 83%، 81%، 80%) على الترتيب من الأفضل إلى الأقل تفكيكاً، في عينة مياه الصرف من موقع أفاميا (غير معقّمة) بتأثير درجة الحرارة ١٥°C.

1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

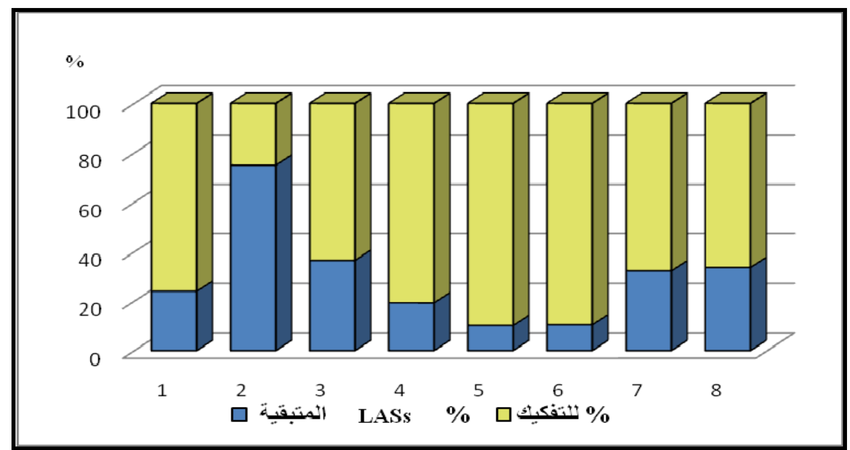
الشكل 187. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقّم) من موقع أفاميا باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة الحرارة ١٥°C.

أما الشكل 188 فيبين أن تلك السلالات استطاعت تفكيك C12-LASs بشكل متوسط إلى جيد جداً بنسب مرتفعة في أغلب الحالات، وكان أفضلها تفكيكاً *Sal. enteritidis*، و *Pseudomonas sp* (91%) لكل منهما، تلتهما *Ps.aeruginosa* (86%)، بتأثير درجة الحرارة ٢٥°C في عينة مياه الصرف الصحي المأخوذة من موقع أفاميا (غير معقّمة).

1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

الشكل 188. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقم) من موقع أفاميا باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة الحرارة ٢٥°C.

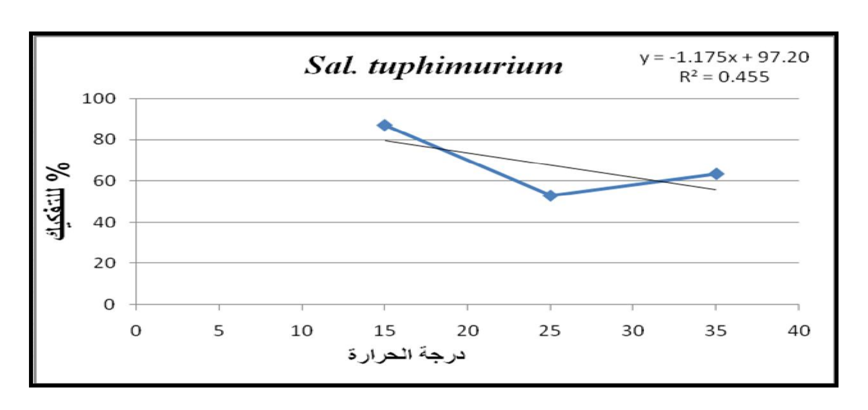
أما عند تأثير درجة الحرارة ٣٥°C في عينة مياه الصرف من موقع أفاميا (غير معقّمة) فتبين أن تلك السلالات قادرة على تفكيك C12-LASs بشكل متوسط إلى جيد في أغلب الحالات، وأفضلها تفكيكاً *Sta. epidermidis 1* و *Sta. epidermidis2* (90%) لكل منهما، كما هو موضح بالشكل 189.



1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

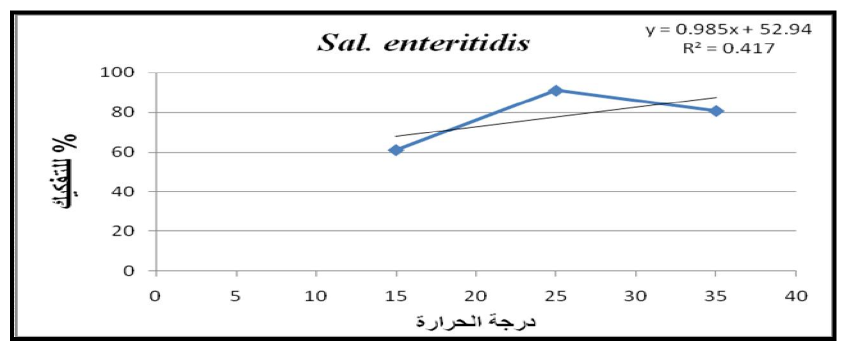
الشكل 189. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقم) من موقع أفاميا باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة الحرارة ٣٥°C.

وتبيّن الدراسة الإحصائية كما يُلاحظ بالشكل 190 أن *Sal. tuphimurium* استطاعت تفكيك C12-LASs الموجودة في مياه الصرف (غير معقّمة) من موقع أفاميا في درجات الحرارة المختلفة، وكانت أفضل نسبة 87% عند الدرجة ١٥°C، وهذه العلاقة تحقق المعادلة (Y= -1.175x + 97.20) ذات معامل الارتباط R = 0.455، والعلاقة مذبذبة.



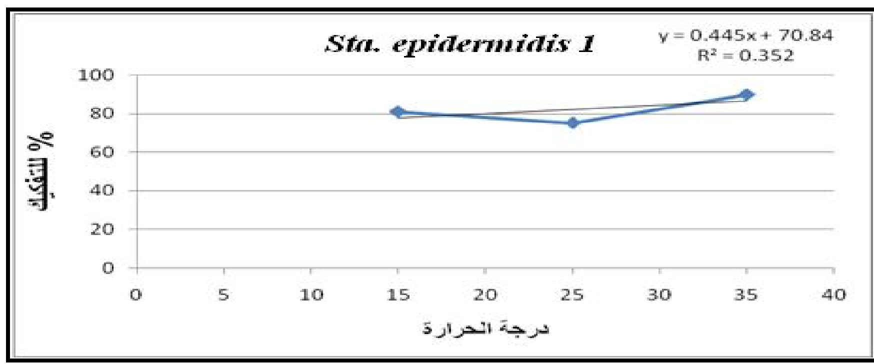
الشكل 190. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *Sal. tuphimurium* في درجات الحرارة المختلفة.

أما من الشكل 191 فيلاحظ أن *Sal. enteritidis* استطاع تفكيك C12-LASs بنسب جيدة بشكل عام، ولكن أفضل نسبة تفكيك كانت في الدرجة 25°C (91%)، وتحقق المعادلة (Y= 0.985x + 52.94) ذات معامل الارتباط R= 0.417، والعلاقة مذبذبة.



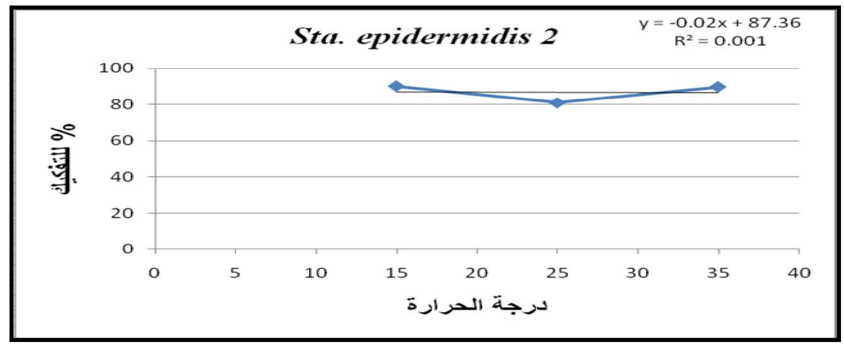
الشكل 191. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *Sal. enteritidis* في درجات الحرارة المختلفة.

أما الشكل 192 فيبين أن *Sta. epidermidis 1* استطاعت تفكيك C12-LASs الموجود في العينة المدروسة، وكانت نسبة التفكيك جيدة في درجات الحرارة المدروسة، وأفضل النتائج (89.9%) في درجة الحرارة ٣٥°C علماً أن هذه السلالة فككت C12-LASs بنسب قريبة من النسبة المذكورة في درجتي الحرارة الأخريتين، والعلاقة بين نسبة التفكيك وتغيّرات درجة الحرارة ضعيفة، وهذه العلاقة تحقق المعادلة (Y= 0.445x + 70.84) إذ إنّ معامل الارتباط لها R = 0.352، مما يشير إلى أنها واسعة المجال الحراري.



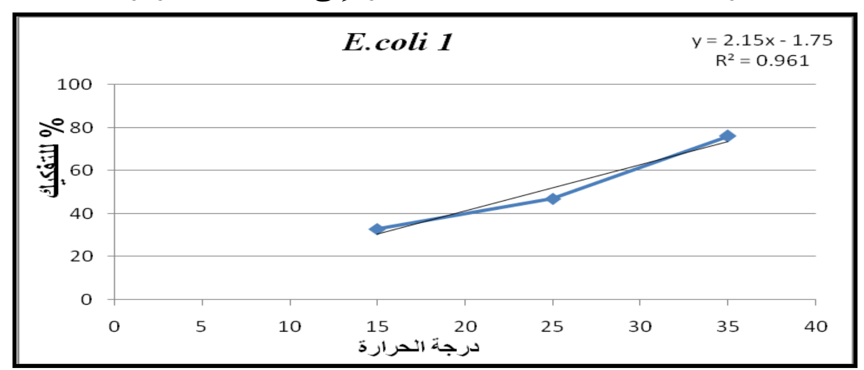
الشكل 192. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *Sta. epidermidis 1* في درجات الحرارة المختلفة.

ويبيّن الشكل 193 أن عمل *Sta. epidermidis 2* لا يتعلق بتغيّر درجة الحرارة أيضاً نظراً إلى تقارب نسب التفكيك في درجات الحرارة المدروسة والمطبقة على مياه صرف من موقع أفاميا، وتحقق المعادلة ($Y= -0.02x + 87.36$) ذات معامل الارتباط $R= 0.001$، إذ يلاحظ عدم وجود ارتباط، وبلغت أفضل نسبة تفكيك بدرجة الحرارة ٣٥°C (90%)، والعلاقة مذبذبة، مما يشير إلى أنها واسعة المجال الحراري، ويمكن أن نقول أن السلالتين *Sta. epidermidis 1*، *Sta. epidermidis 2* واسعتا المجال الحراري.



الشكل 193. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *Sta. epidermidis 2* في درجات الحرارة المختلفة.

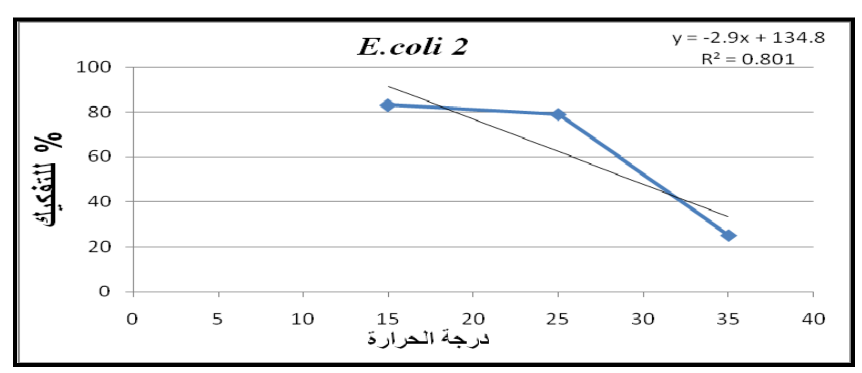
ويوضح الشكل 194 أن *E.coli 1* استطاعت تفكيك C12-LASs بشكل ضعيف إلى متوسط، وازدادت فعاليتها في التفكيك مع ارتفاع درجة الحرارة، والعلاقة بين تغيّر درجة الحرارة مع النسبة المئوية للتفكيك طردية، وكانت أفضل نسبة تفكيك في درجة الحرارة ٣٥°C (76%)، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي ($Y= 2.15x - 1.75$) إذ إنّ معامل الارتباط لها $R = 0.961$، مما يشير إلى أنها أليفة حرارة.



الشكل 194. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *E.coli 1* في درجات الحرارة المختلفة.

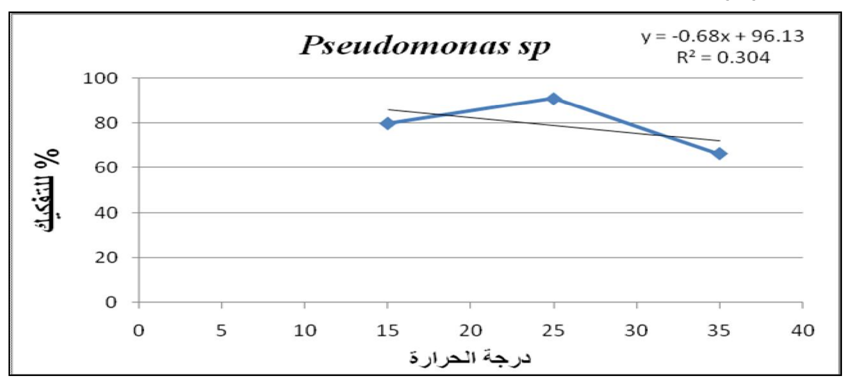
أما في حالة *E.coli 2* فيلاحظ أنها فككت C12-LASs بنسب جيدة ومتقاربة في درجتي الحرارة ١٥°C و٢٥°C، وانخفضت بشكل كبير في الدرجة ٣٥°C والعلاقة أقرب إلى علاقة عكسية، إذ وصلت أفضل نسبة تفكيك إلى 83% في الدرجة ١٥°C، ويمكن في هذه الحالة تطبيق المعادلة ($Y= -2.9x + 134.8$) ومعامل الارتباط لها $R = 0.801$ والارتباط جيد كما هو موضح بالشكل 195، ويمكن تفسير هذه النتيجة بوجود منافسين لهذه الكائنات الحية أو وجود تراكيز من مواد أخرى معيقة لعملها تحررت مع ارتفاع درجة الحرارة، ويمكن أن

تكون أليفة برودة، و يلاحظ عند مقارنة السلالتين معاً (من نوع واحد) أن *E.coli 1* هي الأكثر ارتباطاً مع تغيّر درجة الحرارة.



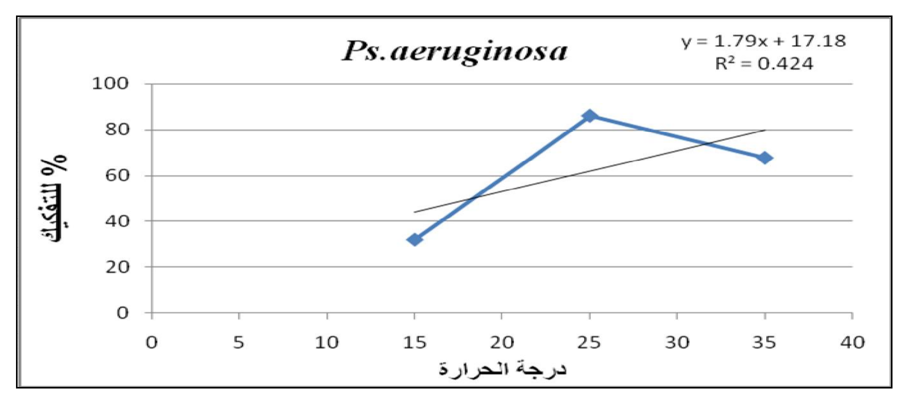
الشكل 195. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *E.coli 2* في درجات الحرارة المختلفة.

ويبين الشكل 196 قدرة *Pseudomonas sp* على تفكيك C12-LASs ولكن العلاقة مع درجة الحرارة مذبذبة، إذ لوحظ أن أفضل نسبة تفكيك في درجة الحرارة ٢٥°C بلغت 91%، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي $(Y= -0.68x + 96.13)$ إذ إنَّ معامل الارتباط لها$R = 0.304$، ويلاحظ أيضاً أن العلاقة طردية حتى تجاوزت الحرارة الدرجة ٢٥°C، ثم أصبحت عكسية، ويمكن تفسير ذلك بوجود مثبطات لعمل هذه الأحياء نشطت مع ارتفاع درجة الحرارة.



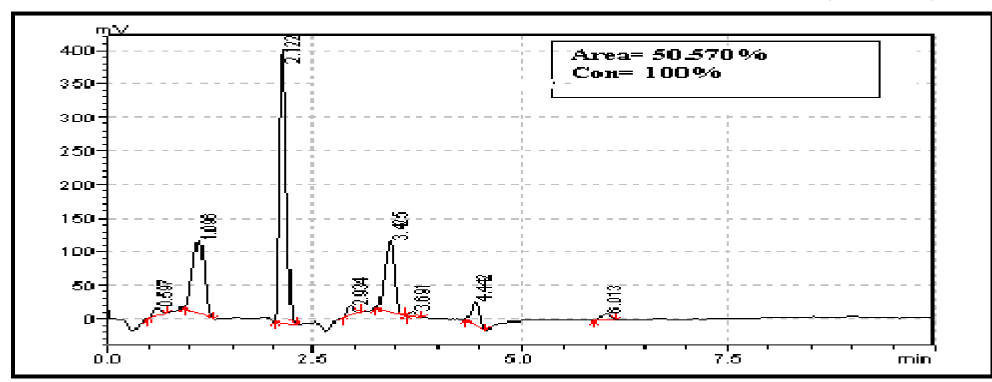
الشكل 196. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *Pseudomonas sp* في درجات الحرارة المختلفة.

أما بوجود *Ps.aeruginosa* فيلاحظ أن تفكيك C12-LASs تراوح بين الضعيف إلى الجيد، وكانت أفضل نسبة تفكيك في الدرجة ٢٥°C (86%)، والعلاقة مذبذبة، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي $(Y= 1.79x + 17.18)$ ومعامل الارتباط لها $R = 0.424$، كما هو موضح بالشكل 197.

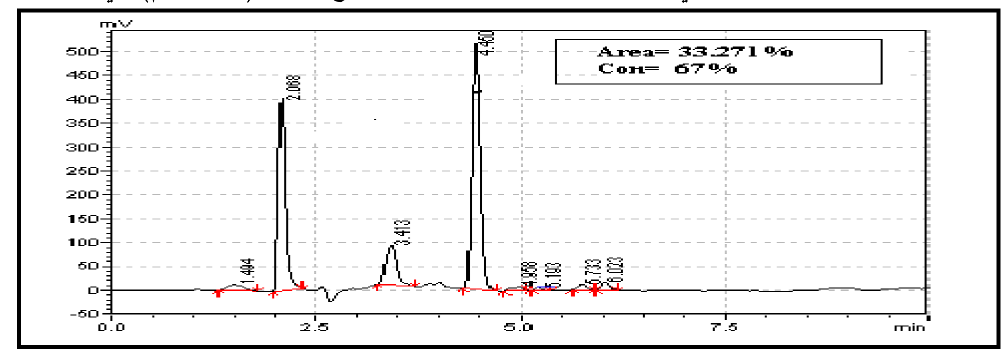


الشكل 197. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) بوجود *Ps.aeruginosa* في درجات الحرارة المختلفة.

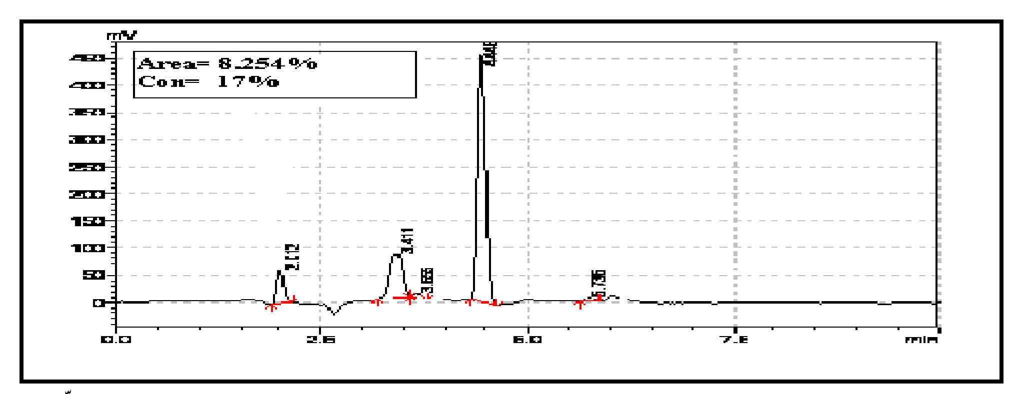
عند مقارنة عمل *Pseudomonas sp* و *Ps.aeruginosa* (من جنس واحد) يلاحظ أن *Pseudomonas sp* هو الأفضل تفكيكاً مع ارتفاع درجة الحرارة، مع ملاحظة أن كليهما فضلا درجة الحرارة٢٥°C، والأشكال 198 – 224 تبين نتائج تحليل C12-LASs في وسط طبيعي من مياه صرف غير معقّمة، من موقع أفاميا باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا السائلة.



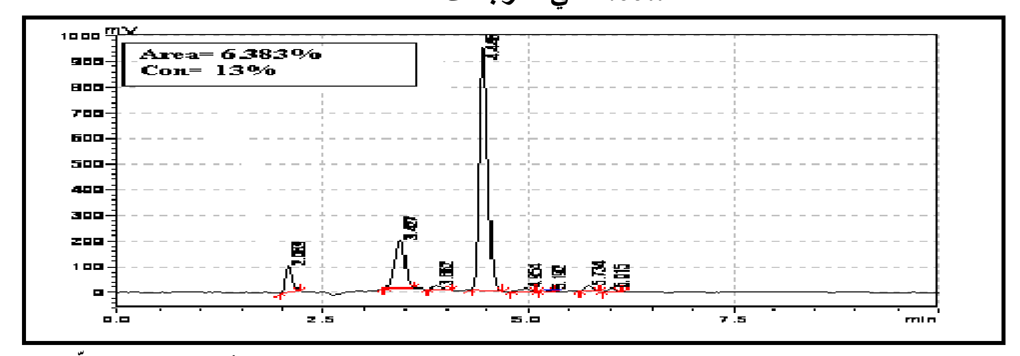
الشكل 198. تحليل C12-LASs في الشاهد من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) في الدرجة ١٥°C.



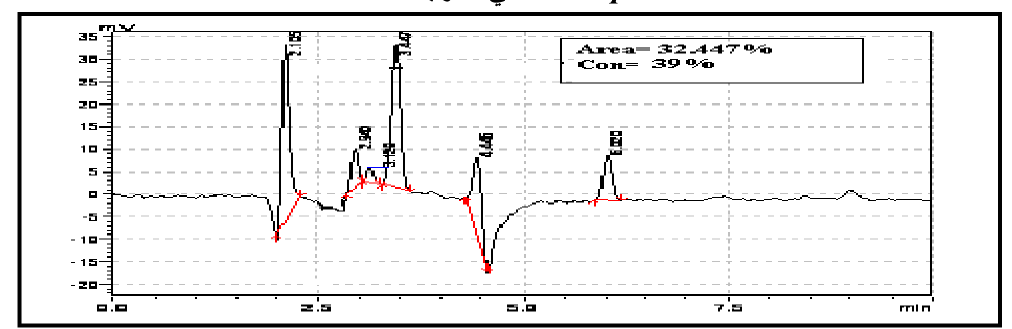
الشكل 199. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *E.coli* 1 في الدرجة ١٥°C.



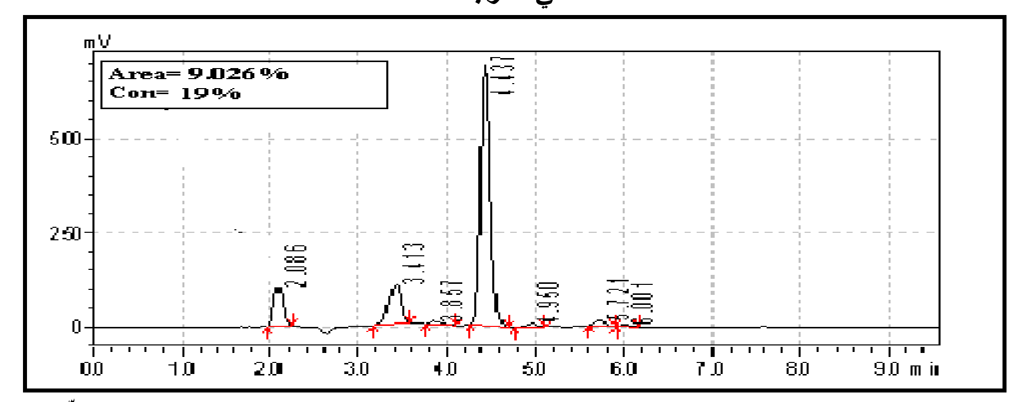
الشكل 200. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *E.coli 2* في الدرجة ١٥°C.



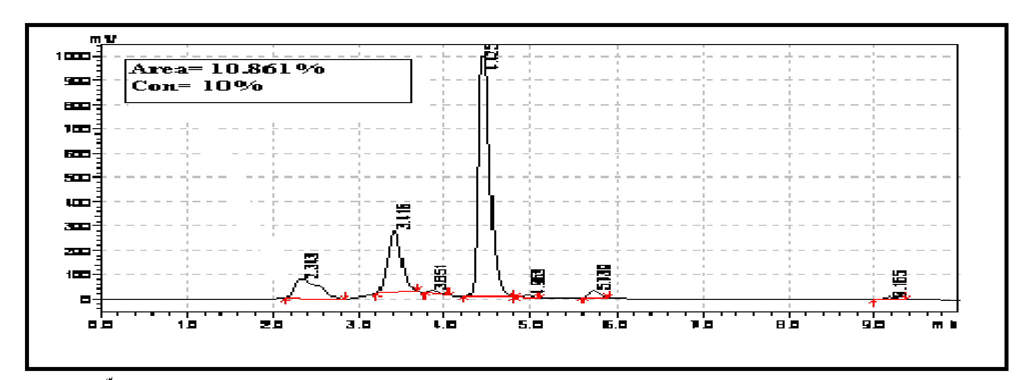
الشكل 201. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ١٥°C.



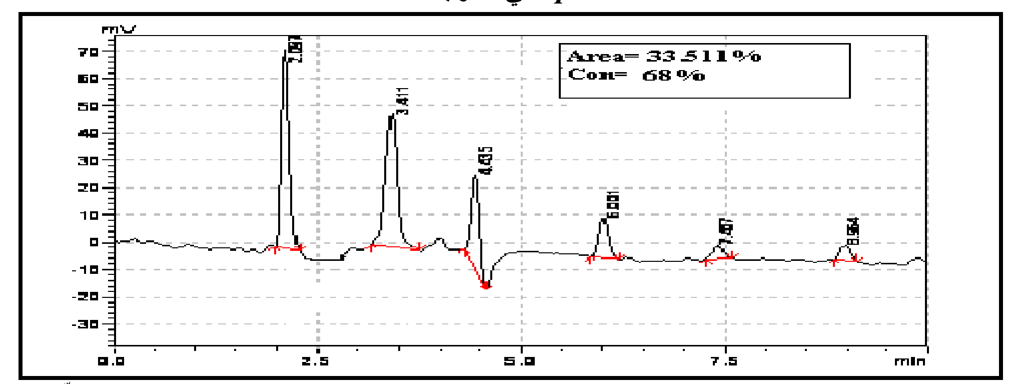
الشكل 202. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ١٥°C.



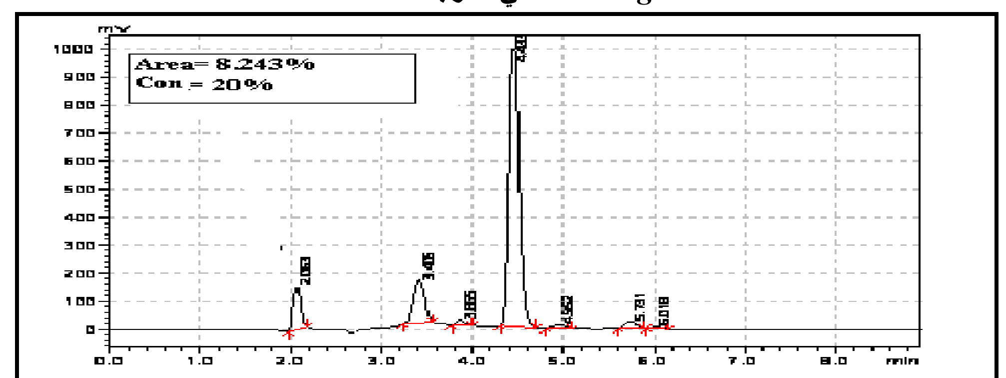
الشكل 203. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis 1* في الدرجة ١٥°C.



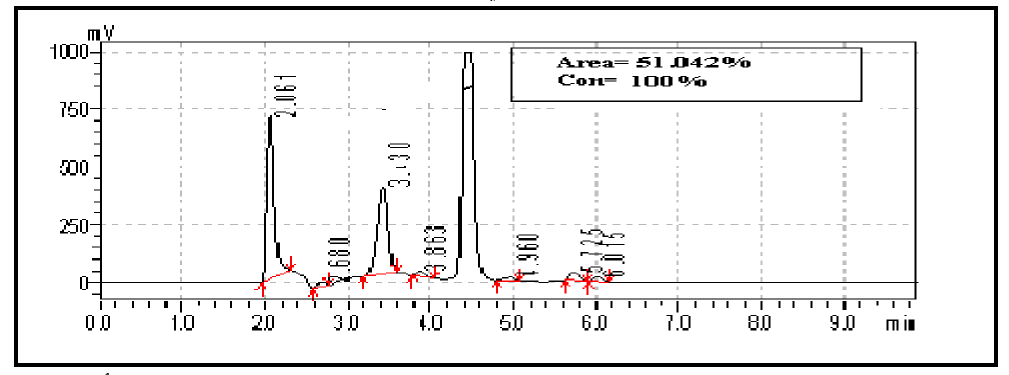
الشكل 204. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 2 في الدرجة ١٥°C.



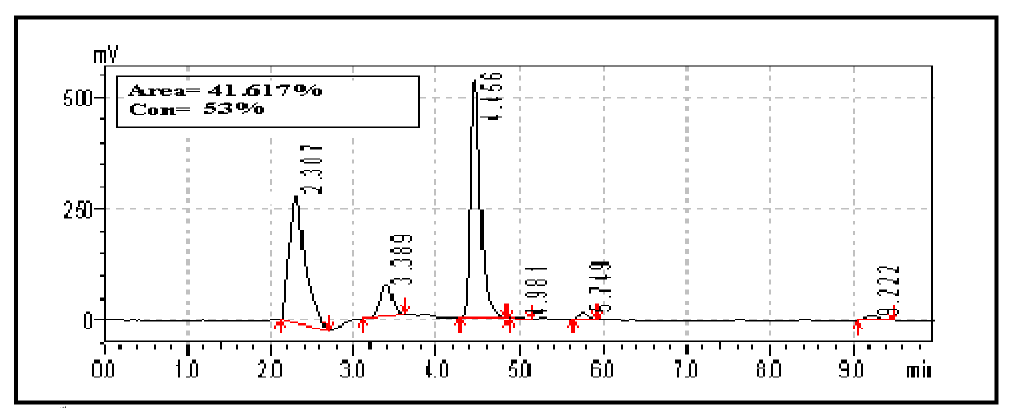
الشكل 205. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ١٥°C.



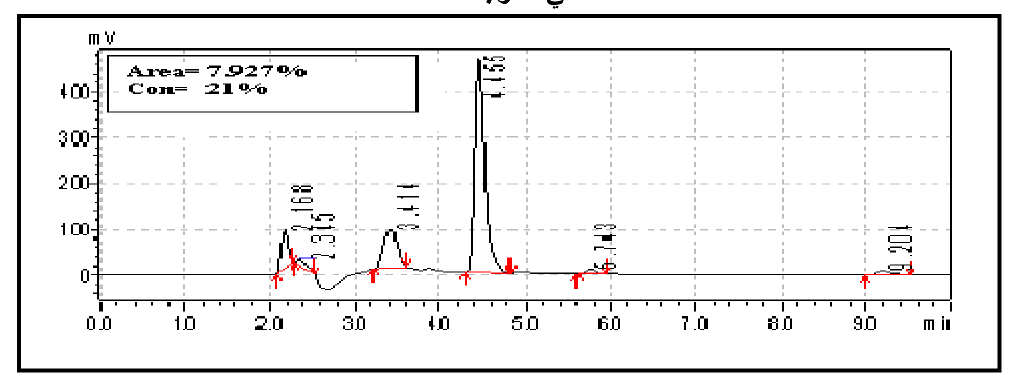
الشكل 206. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ١٥°C



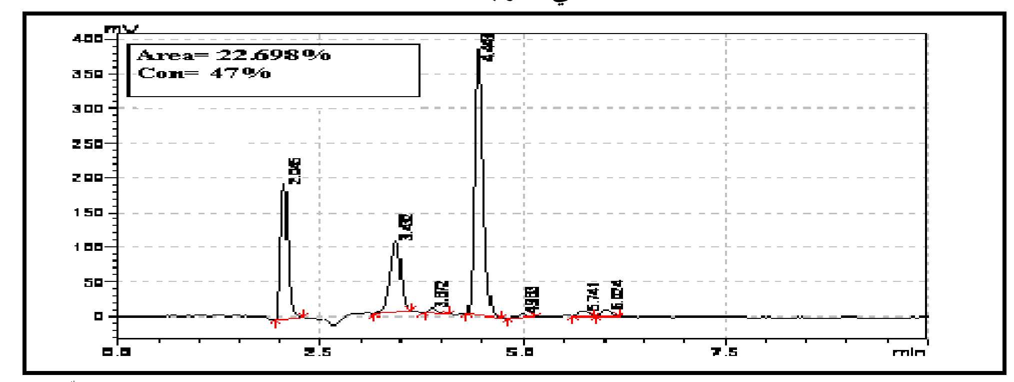
الشكل 207. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) في الدرجة ٢٥°C.



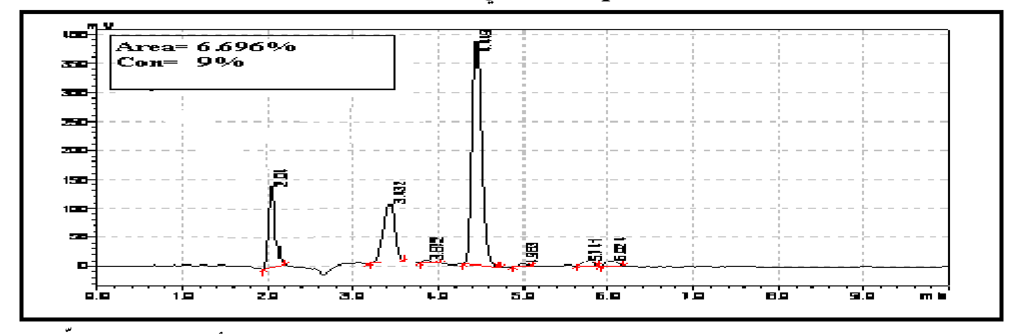
الشكل 208. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *E.coli* 1 في الدرجة ٢٥°C.



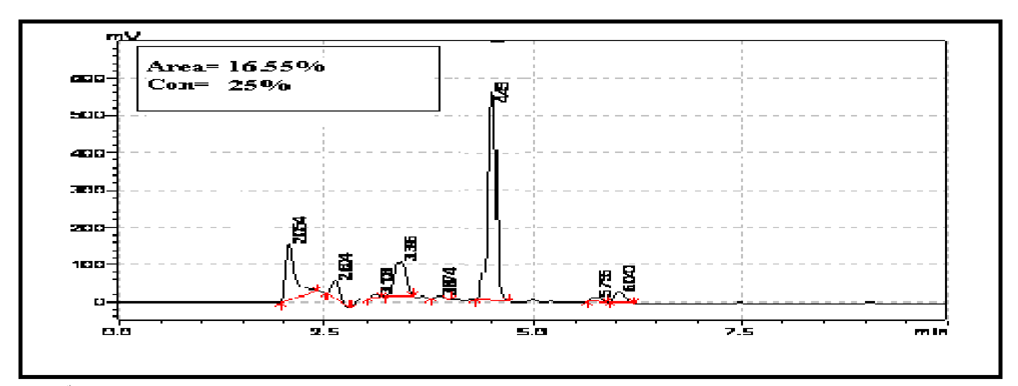
الشكل 209. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *E.coli* 2 في الدرجة ٢٥°C.



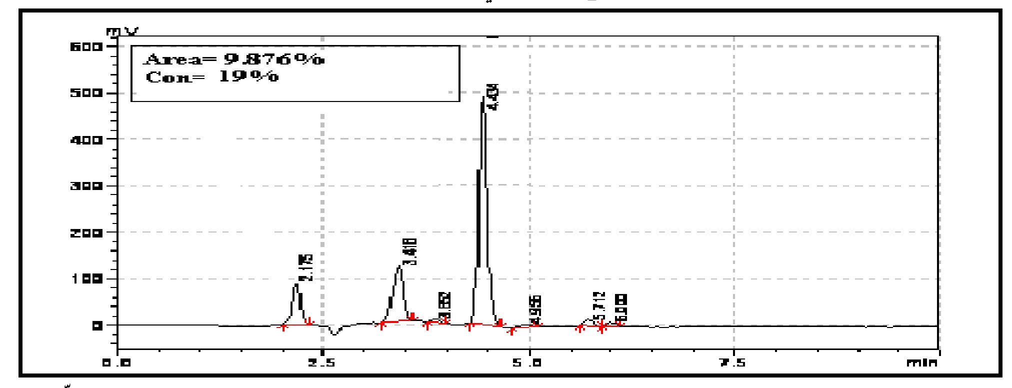
الشكل 210. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ٢٥°C.



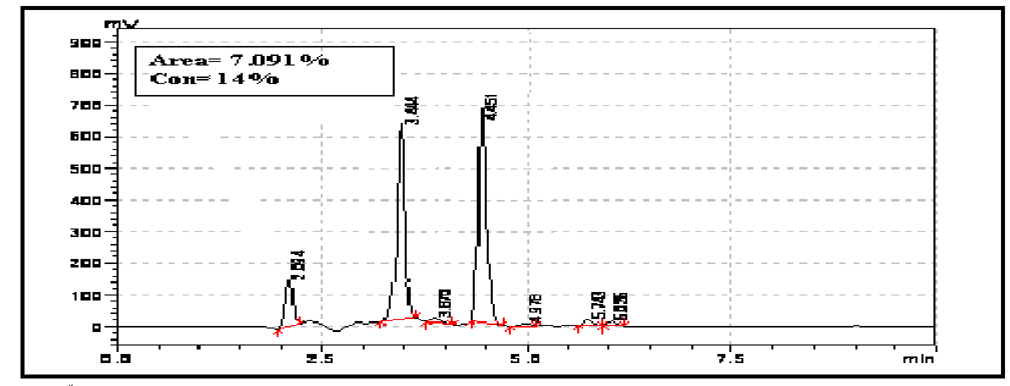
الشكل 211. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ٢٥°C.



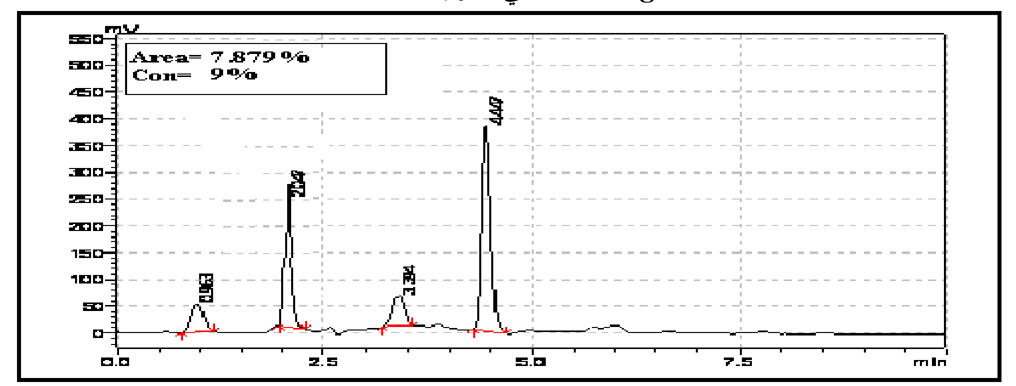
الشكل 212. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis 1* في الدرجة ٢٥°C.



الشكل 213. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis 2* في الدرجة ٢٥°C.

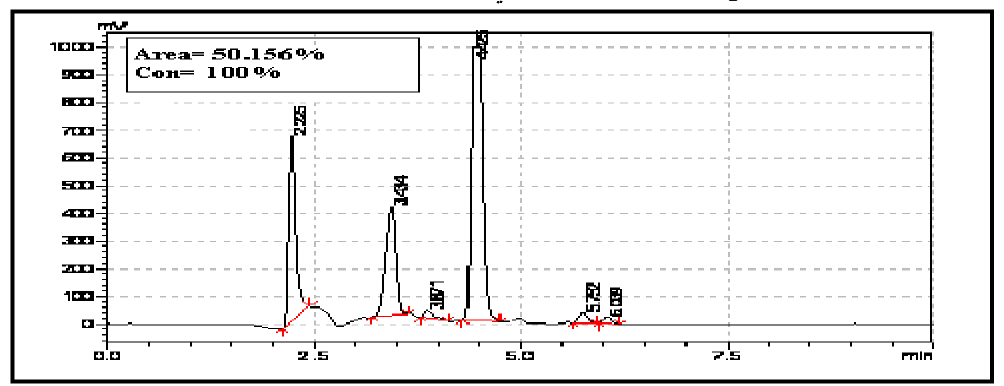


الشكل 214. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ٢٥°C.

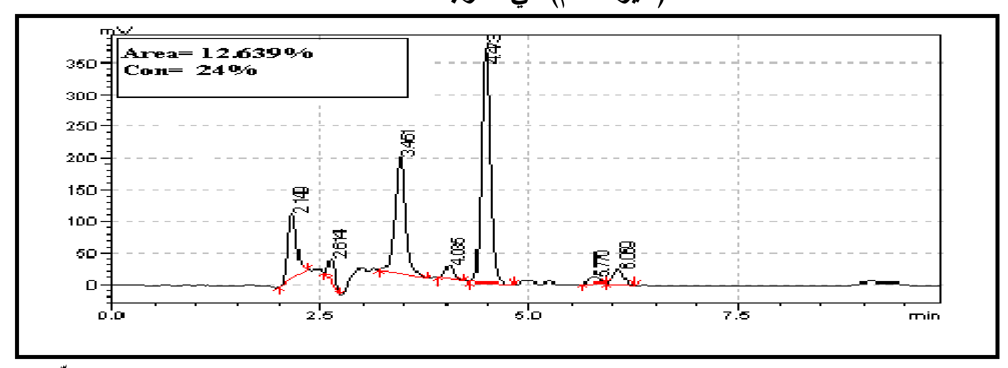


الشكل 215. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال

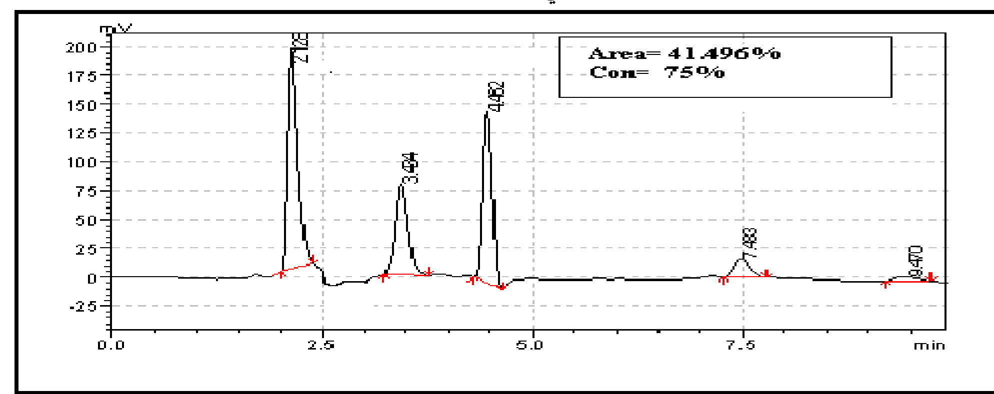
Pseudomonas sp في الدرجة ٢٥°C.



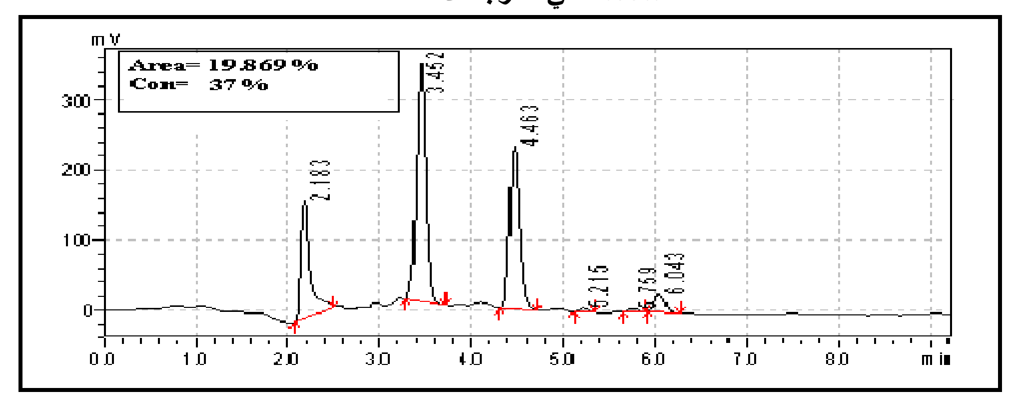
الشكل 216. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) في الدرجة ٣٥°C.



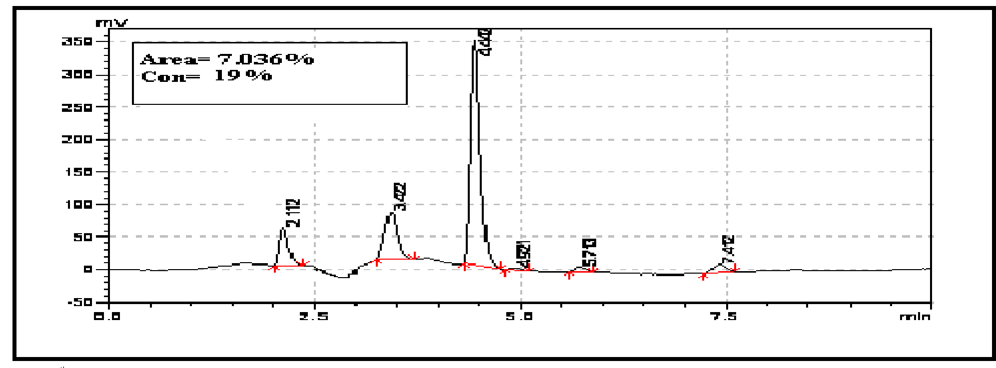
الشكل 217. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *E.coli 1* في الدرجة ٣٥°C.



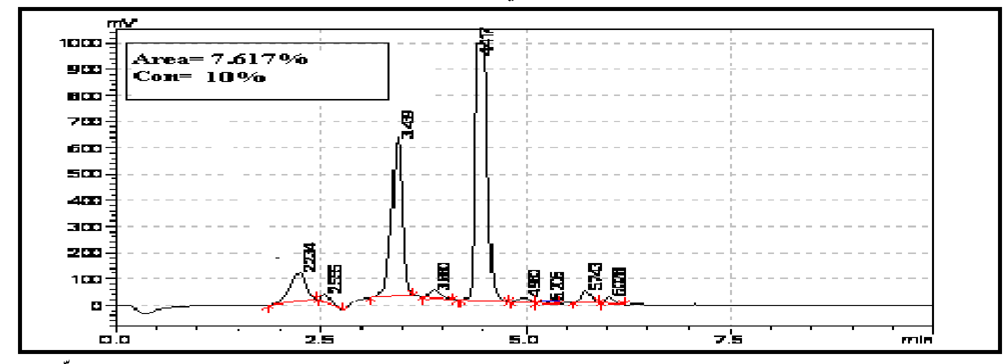
الشكل 218. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *E.coli 2* في الدرجة ٣٥°C.



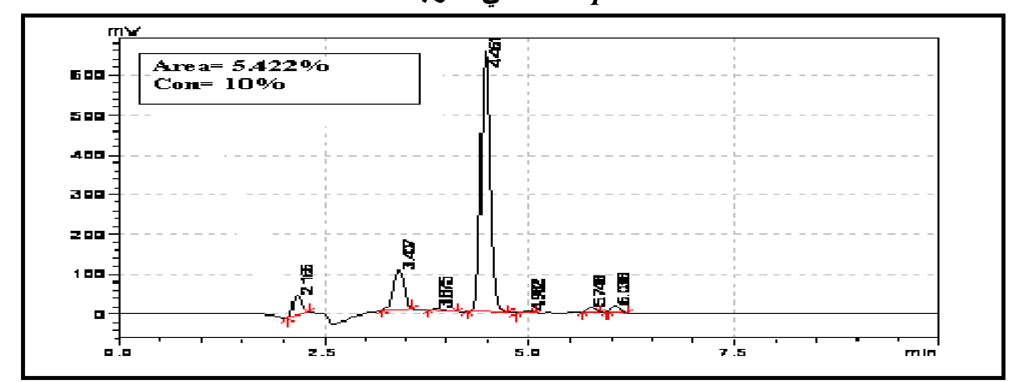
الشكل 219. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ٣٥°C.



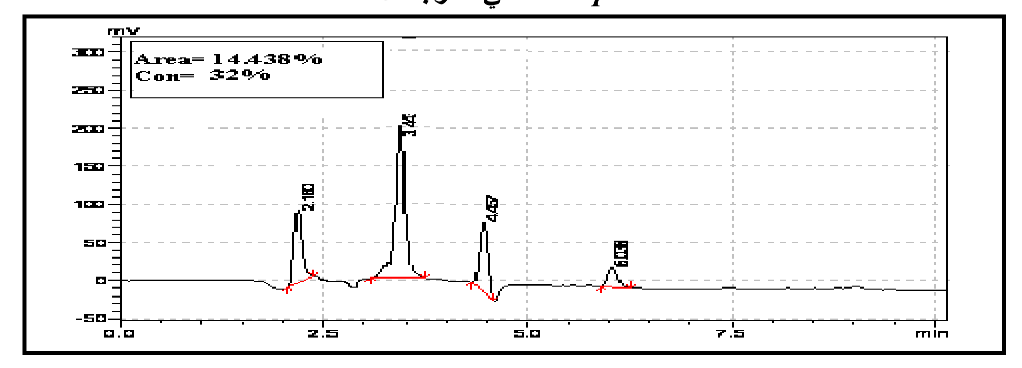
الشكل 220. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ٣٥°C.



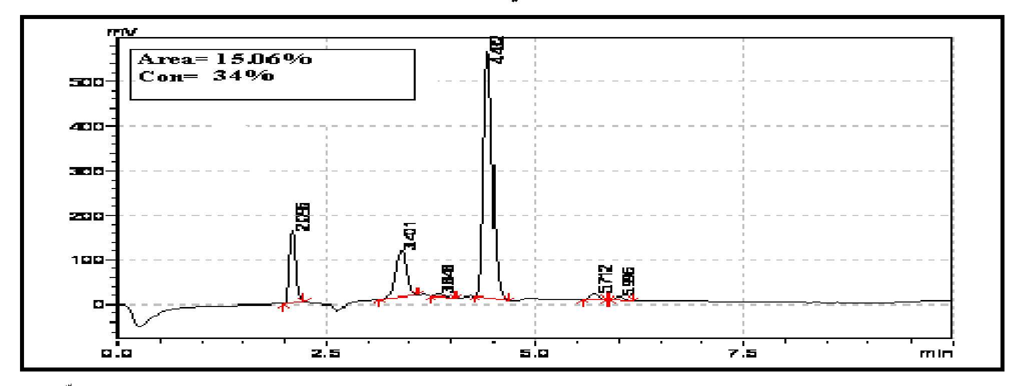
الشكل 221. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 1 في الدرجة ٣٥°C.



الشكل 222. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 2 في الدرجة ٣٥°C.



الشكل 223. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ٣٥°C.



الشكل 224. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع أفاميا (غير معقّم) باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ٣٥°C.

2.2.8.3- وسط طبيعي (غير معقّم) من موقع الرمل الجنوبي:

يلاحظ بالشكل 225 أن الجراثيم المنتقاة استطاعت تفكيك C12-LASs بشكل منفرد بنسب متفاوتة، ولكن أفضلها تفكيكاً كان *Sta. epidermidis 1*، *Sal. tuphimurium* بنسبة 86%، 85% على الترتيب، في عينة مياه الصرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّمة) وذلك في درجة الحرارة ١٥°C.

1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

% المتبقية LASs % للتفكيك %

الشكل 225. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقّم) من موقع الرمل الجنوبي باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة الحرارة ١٥°C.

أما في الشكل 226 فيلاحظ أن معظم الجراثيم المنتقاة كانت ضعيفة التفكيك منفردة، ما عدا *E.coli 2* و*E.coli1* (78%، 77% على الترتيب) كانت جيدة التفكيك، في درجة الحرارة ٢٥°C.

1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*

7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

الشكل 226. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقّم) من موقع الرمل الجنوبي باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة الحرارة ٢٥°C.

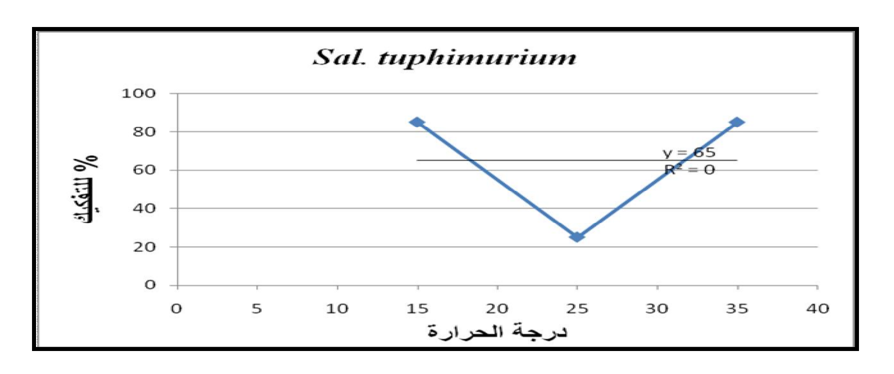
يلاحظ من الشكل 227 أن جميع السلالات استطاعت تفكيك C12-LASs بشكل منفرد بنسب تتراوح بين المتوسطة والجيدة في الغالب، وأفضلها تفكيكاً *Sta. epidermidis2*، *Sal. enteritidis*، *Sal. tuphimurium*، و*E.coli2* بنسبة 89%، 87%،85%, 83% على الترتيب، في عينة مياه الصرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّمة) وفي درجة الحرارة ٣٥°C.

1	*E. coli 1*
2	*E. coli 2*
3	*Sal. tuphimurium*
4	*Sal. enteritidis*
5	*Sta. epidermidis 1*
6	*Sta. epidermidis 2*
7	*Ps. aeruginosa*
8	*Pseudomonas sp*

الشكل 227. النسب المئوية لتفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقّم) من موقع الرمل الجنوبي باستعمال الجراثيم المنتقاة منفردة في درجة الحرارة ٣٥°C.

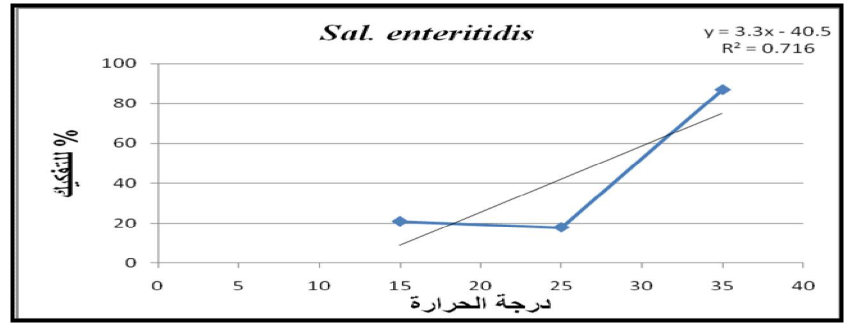
وتبين الأشكال 225 – 227 أن معظم السلالات فضلت درجتي الحرارة ١٥°C و٣٥°C، نستنتج أن هذه الأحياء واسعة المجال الحراري.

وتبين الدراسة الاحصائية كما يلاحظ في الشكل 228 أن *Sal. tuphimurium* استطاعت تفكيك C12-LASs الموجودة في مياه الصرف (غير معقّمة) من موقع الرمل الجنوبي في درجات الحرارة المختلفة، وكانت أفضل نسبة 85% في درجتي الحرارة ١٥°C و٣٥°C، وهذه العلاقة تحقق المعادلة $(y = 65)$ ذات معامل الارتباط $R = 0$، ويلاحظ غياب حالة الارتباط بين تغيّر درجة الحرارة مع نسبة تفكيك C12-LASs باستعمال *Sal. tuphimurium*.



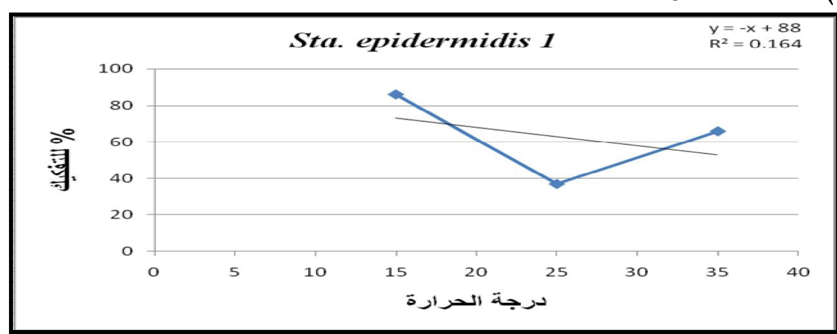
الشكل 228. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) بوجود *Sal. tuphimurium* في درجات الحرارة المختلفة.

اما الشكل (229) فيبين أن *Sal. enteritidis* قادر على تفكيك C12-LASs لكن بنسب ضعيفة حتى الدرجة ٢٥°C، ثم ترتفع نسبة التفكيك بشكل ملحوظ بتأثير درجة ٣٥°C، إذ بلغت 87%، وتحقق المعادلة (Y= 3.3x -40.5) ذات معامل الارتباط R= 0.716، مما يشير إلى أنها أليفة حرارة.



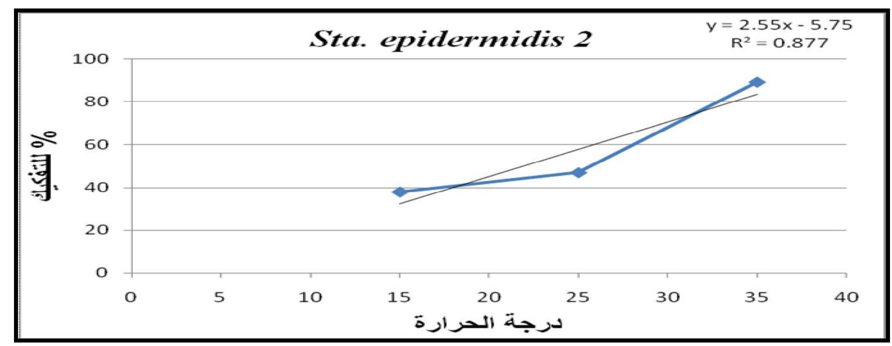
الشكل 229. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) بوجود *Sal. enteritidis* في درجات الحرارة المختلفة.

ويوضح الشكل 230 أن *Sta. epidermidis 1* استطاعت تفكيك C12-LASs ونسبة جيدة في درجة الحرارة ١٥°C، إذ بلغت 86%، والعلاقة بين نسبة التفكيك وتغيّرات درجة الحرارة ضعيفة جداً، وهذه العلاقة تحقق المعادلة (Y= -x + 88) ومعامل الارتباط لها R = 0.164.



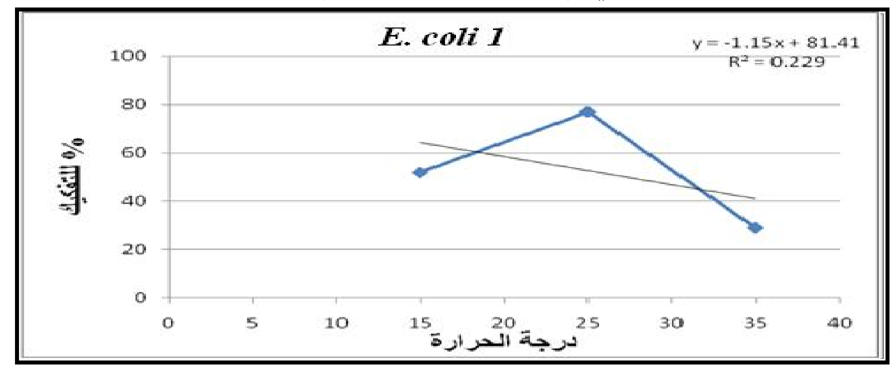
الشكل 231. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) بوجود *Sta. epidermidis 1* في درجات الحرارة المختلفة.

ويبين الشكل 232 أنه بوجود *Sta. epidermidis 2* تكون العلاقة طردية، تحقق المعادلة (Y= 2.55x - 5.75) ذات معامل الارتباط R= 0.877، وبلغت أفضل نسبة تفكيك في درجة الحرارة ٣٥°C (89%)، مما يشير إلى أنها أليفة حرارة.



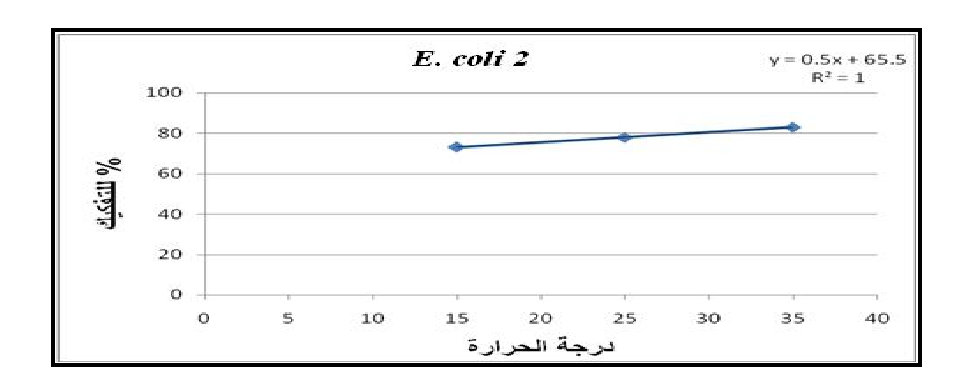
الشكل 232. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) بوجود *Sta. epidermidis 2* في درجات الحرارة المختلفة.

أما في الشكل 233 فيلاحظ أن *E.coli 1* استطاعت تفكيك C12-LASs بشكل ضعيف إلى جيد، والعلاقة بين تغيّر درجة الحرارة مع النسبة المئوية للتفكيك غيرواضحة، نظراً إلى تفضيلها لدرجة الحرارة ٢٥°C إذ بلغت 77%، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي (Y= -1.15x + 81.41) إذ إنَّ معامل الارتباط لها R = 0.229.



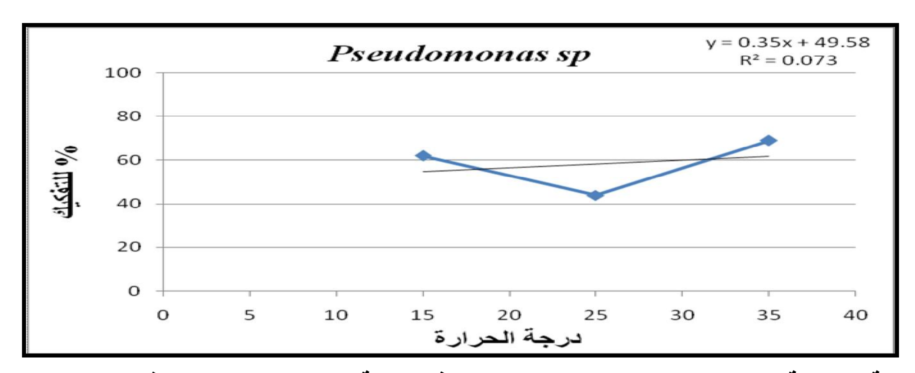
الشكل 233. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) بوجود *E. coli 1* في درجات الحرارة المختلفة.

أما في حال وجود *E.coli 2* فيلاحظ أنها فككت C12-LASs بنسب جيدة، والعلاقة طردية، إذ وصلت أفضل نسبة تفكيك إلى 83% في الدرجة ٣٥°C، ويمكن في هذه الحال تطبيق المعادلة (Y= 0.5x + 65.5) ومعامل الارتباط لها R = 1 كما هو موضح بالشكل 234، ويلاحظ عند مقارنة السلالتين معاً (من نوع واحد) أن *E. coli 2* هي الأكثر ارتباطاً مع تغيّر درجة الحرارة والأكثر فعالية، مما يشير إلى أنها واسعة المجال الحراري.



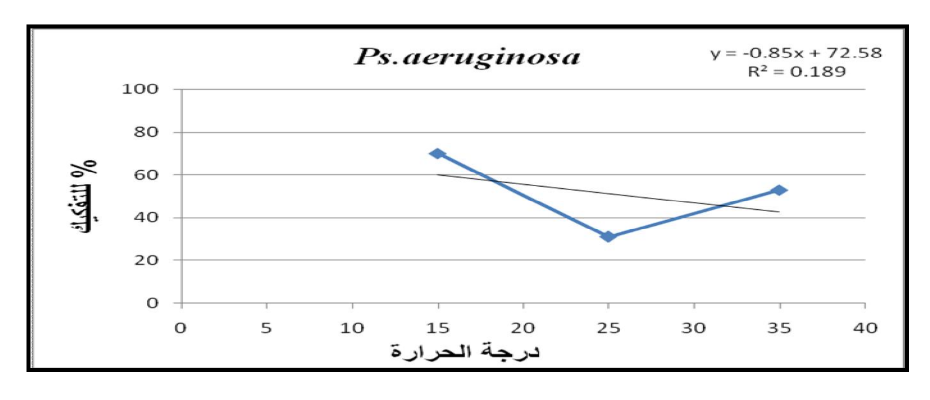
الشكل 234. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) بوجود *E.coli 2* في درجات الحرارة المختلفة.

أما الشكل 235 فيبين قدرة *Pseudomonas sp* على تفكيك C12-LASs، ولا يوجد علاقة بينهما إذ لوحظ أن أفضل نسبة تفكيك في درجة الحرارة ٣٥°C قد بلغت 69%، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي ($Y= -0.35x + 49.58$) ومعامل الارتباط لها $R = 0.073$.



الشكل 235. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) بوجود *Pseudomonas sp* في درجات الحرارة المختلفة.

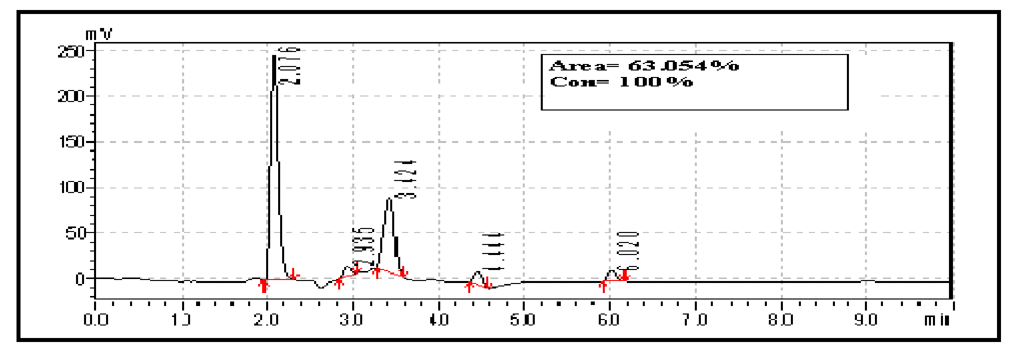
أما بوجود *Ps.aeruginosa* فيلاحظ أن تفكيك C12-LASs تراوح بين الضعيف والمتوسط، وكانت أفضل نسبة تفكيك في الدرجة ١٥°C (70%)، وأقرب معادلة يمكن تطبيقها هي ($Y= -0.85x +72.58$) ومعامل الارتباط لها $R = 0.189$ والعلاقة ضعيفة جداً، كما هو موضح بالشكل 236.



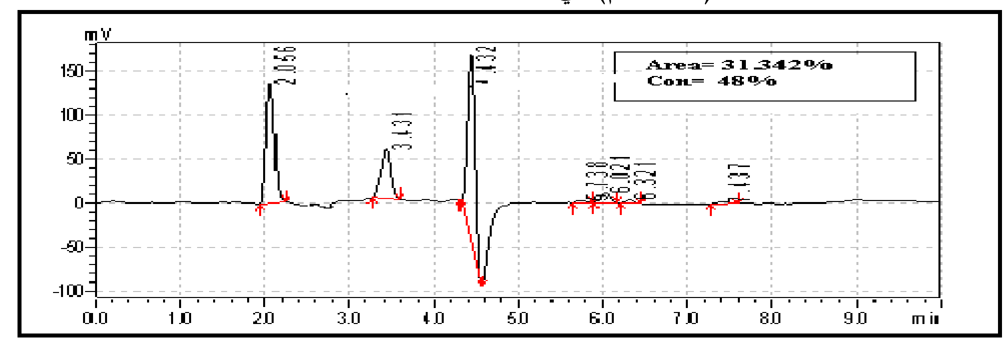
الشكل 236. النسبة المئوية لتفكيك C12-LASs الموجودة في عينة مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم)

بوجود ***Ps.aeruginosa*** **في درجات الحرارة المختلفة.**

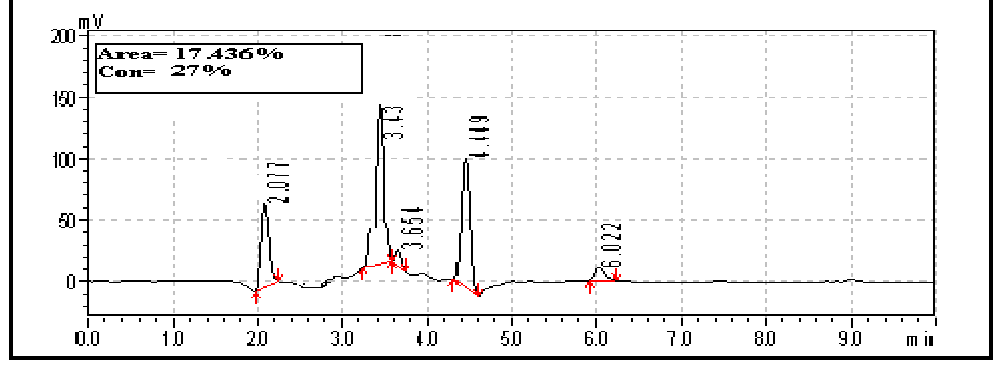
عند مقارنة عمل *Pseudomonas sp* و *Ps.aeruginosa* (من جنس واحد) يلاحظ أن *Pseudomonas sp* الأفضل تفكيكاً مع ارتفاع درجة الحرارة مع ملاحظ أن كليهما فضلا درجة الحرارة ٢٥°C، والأشكال 237 – 263 تبين نتائج تحليل C12-LASs في مياه صرف طبيعية غير معقّمة، من موقع الرمل الجنوبي باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا السائلة.



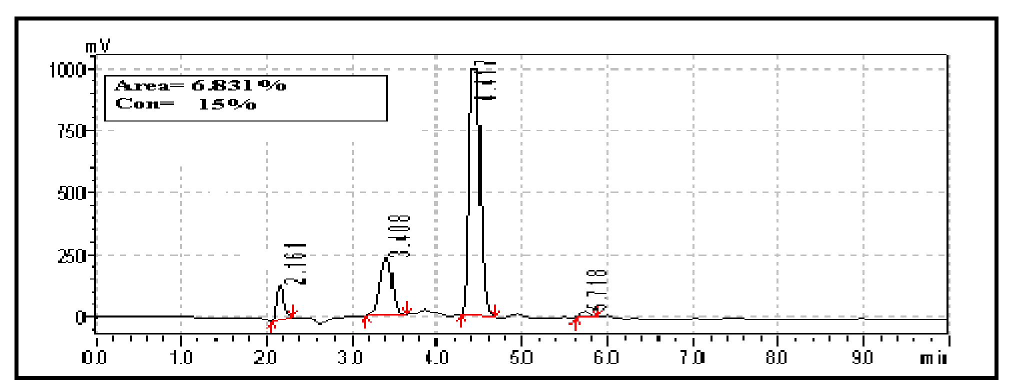
الشكل 237. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) في الدرجة ١٥°C.



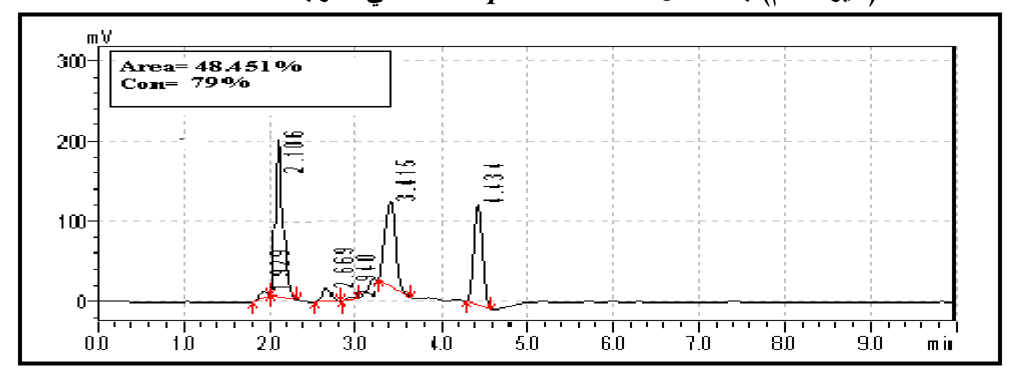
الشكل 238. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال 1 *E.coli* في الدرجة ١٥°C.



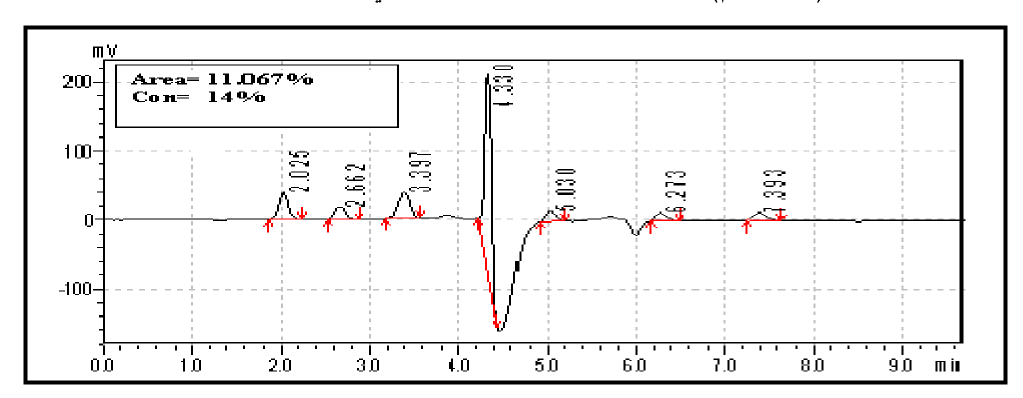
الشكل 239. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال 2 *E.coli* في الدرجة ١٥°C.



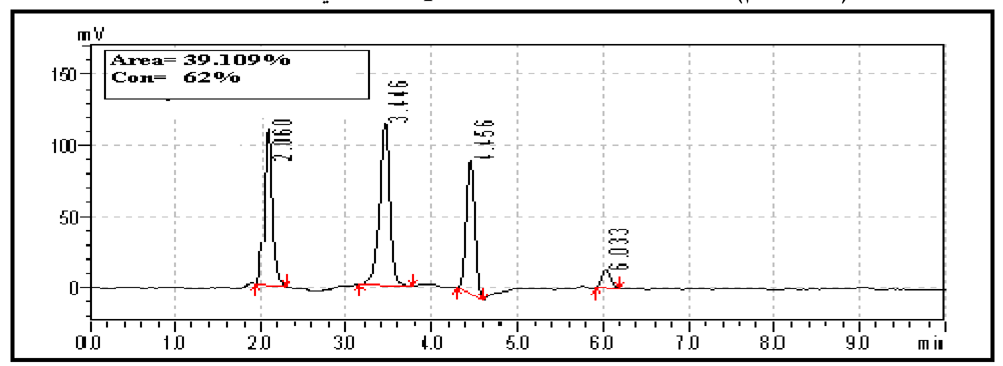
الشكل 240. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ١٥°C.



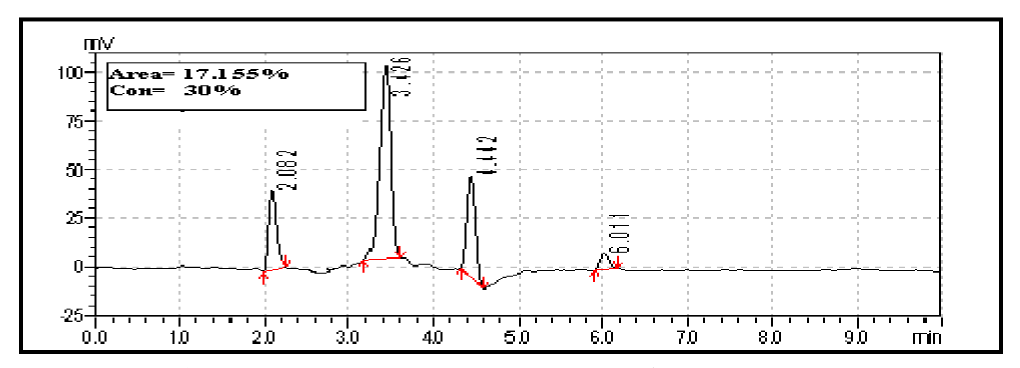
الشكل 241. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ١٥°C.



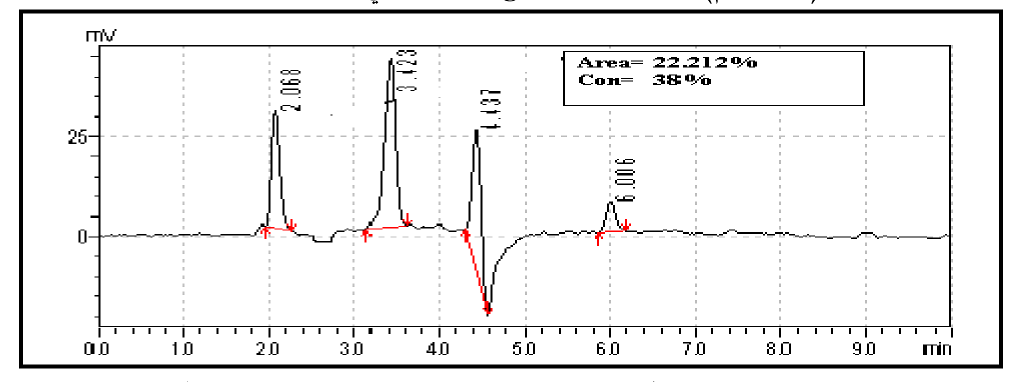
الشكل 242. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) ب استعمال *Sta. epidermidis* 1 في الدرجة ١٥°C.



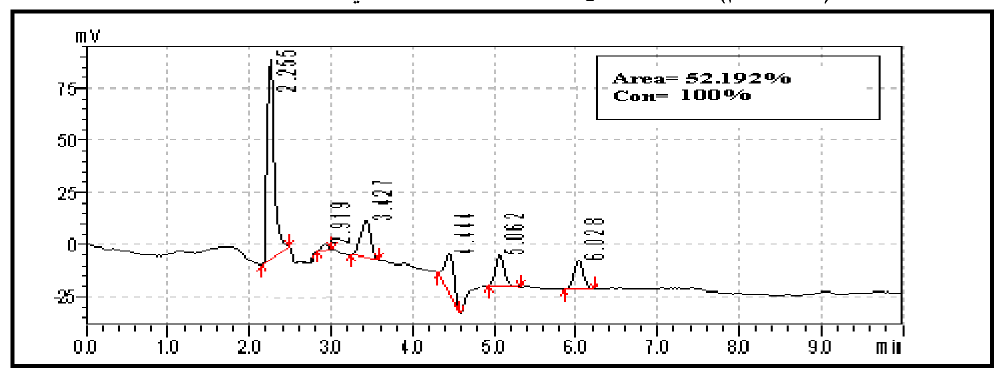
الشكل 243. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 2 في الدرجة ١٥°C.



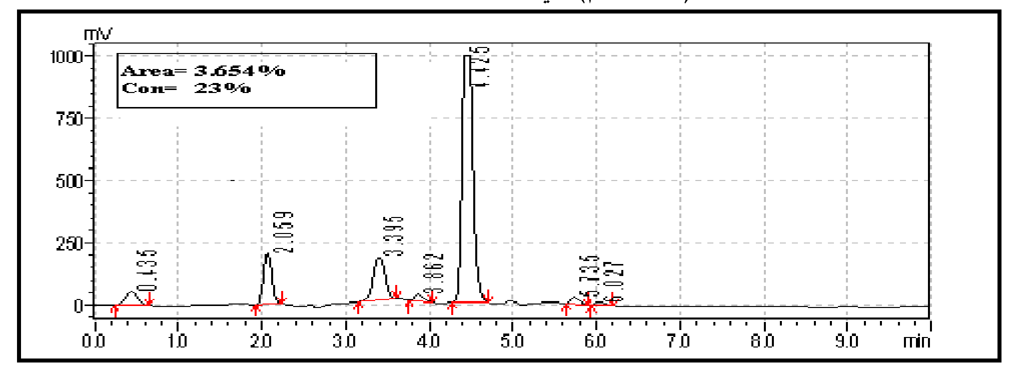
الشكل 244. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ١٥°C.



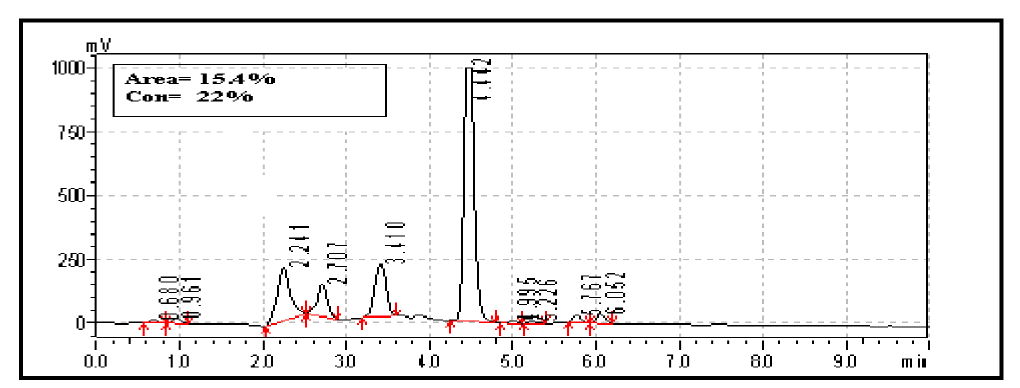
الشكل 245. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ١٥°C.



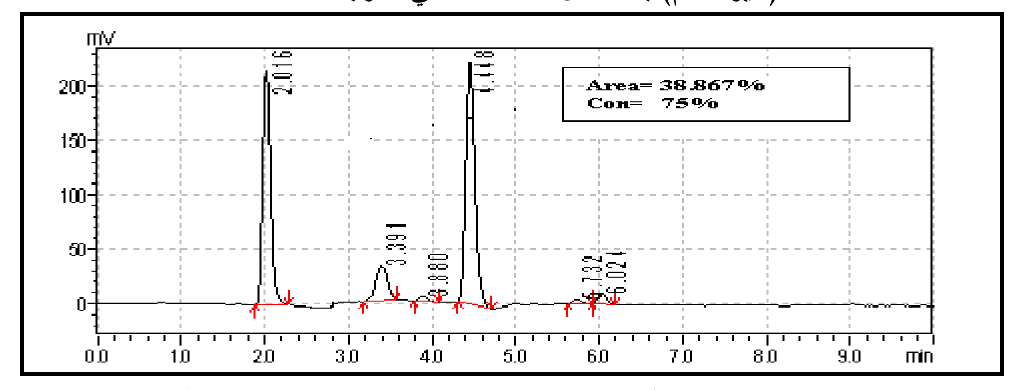
الشكل 246. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) في الدرجة ٢٥°C.



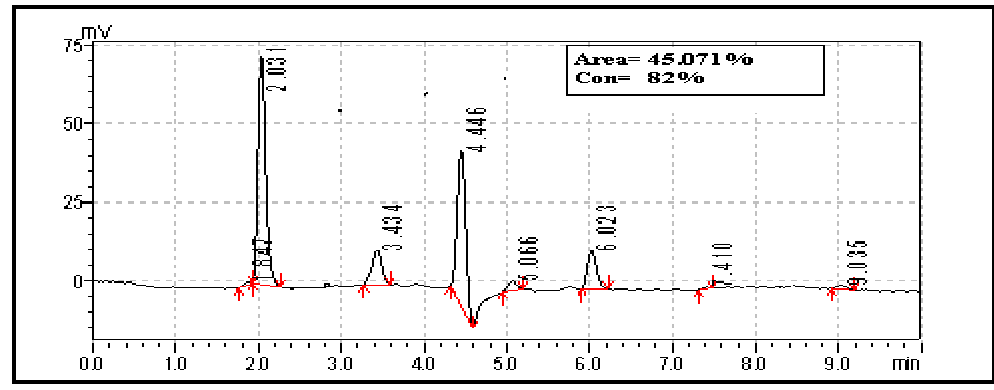
الشكل 247. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *E.coli* 1 في الدرجة ٢٥°C.



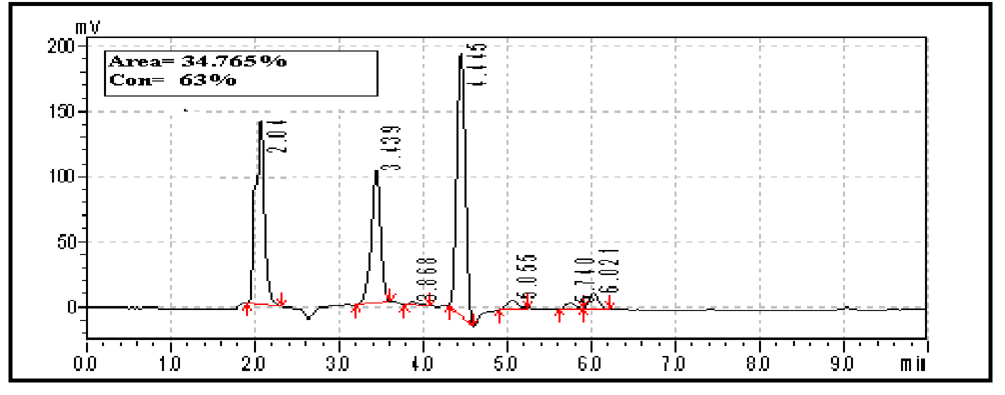
الشكل 248. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *E.coli* 2 في الدرجة ٢٥°C.



الشكل 249. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ٢٥°C.

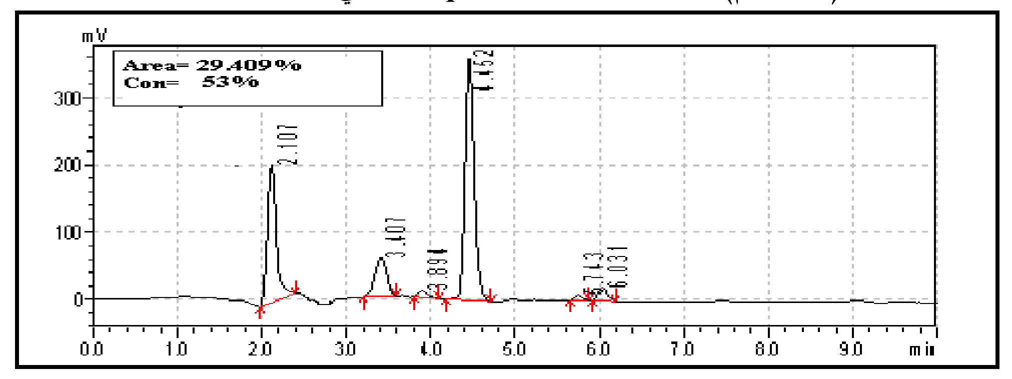


الشكل 250. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ٢٥°C.

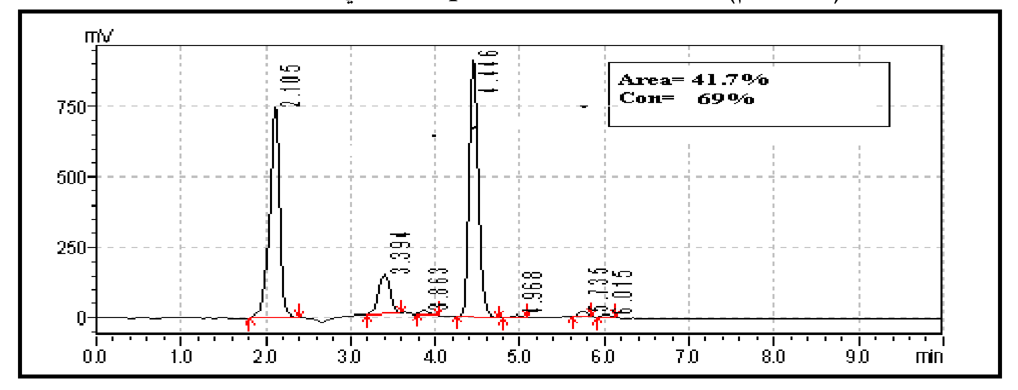


الشكل 251. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي

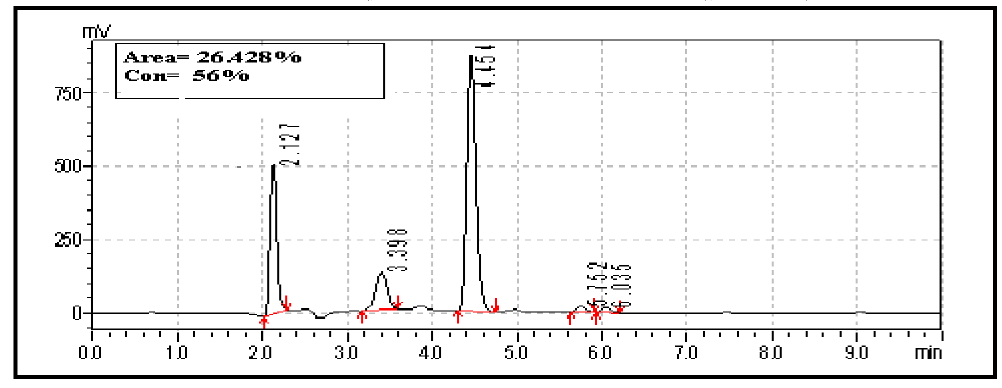
(غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 1 في الدرجة ٢٥°C.



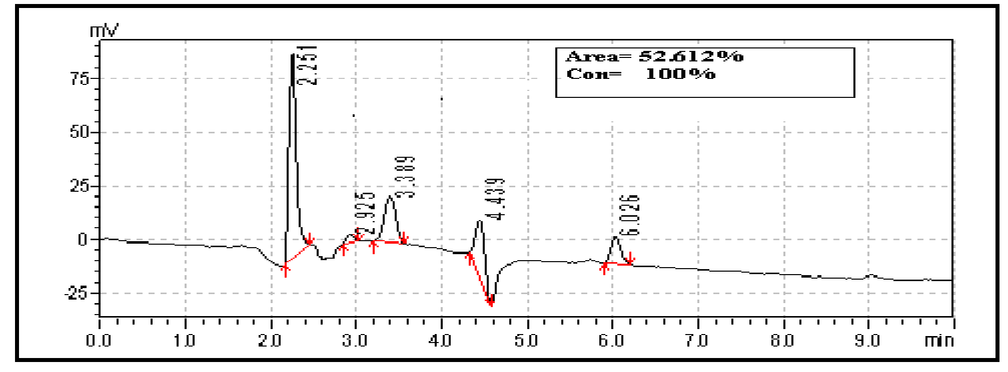
الشكل 252. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 2 في الدرجة ٢٥°C.



الشكل 253. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ٢٥°C.

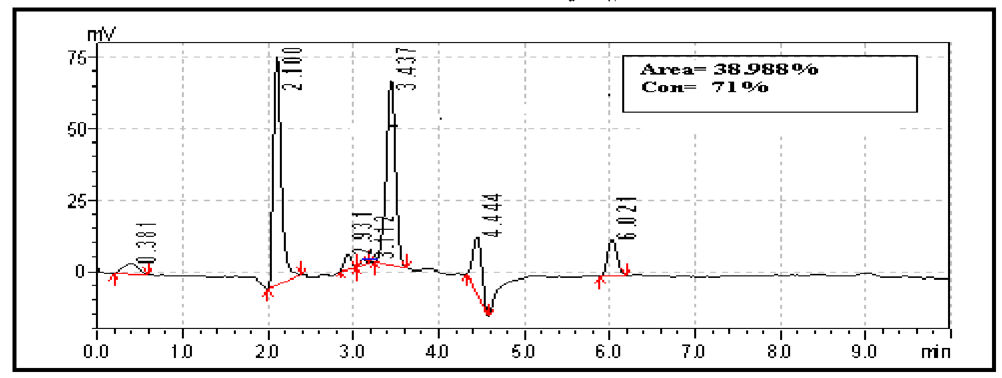


الشكل 254. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ٢٥°C.

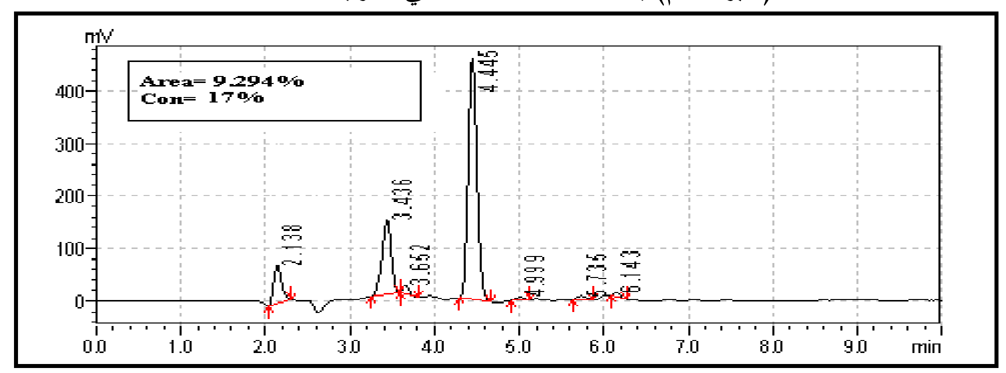


الشكل 255. تحليل C12-LASs في الشاهد في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير

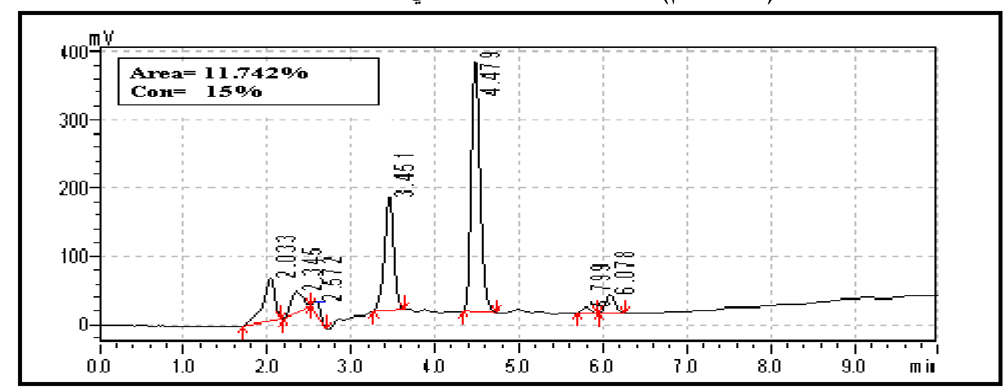
معقّم) في الدرجة ٣٥°C.



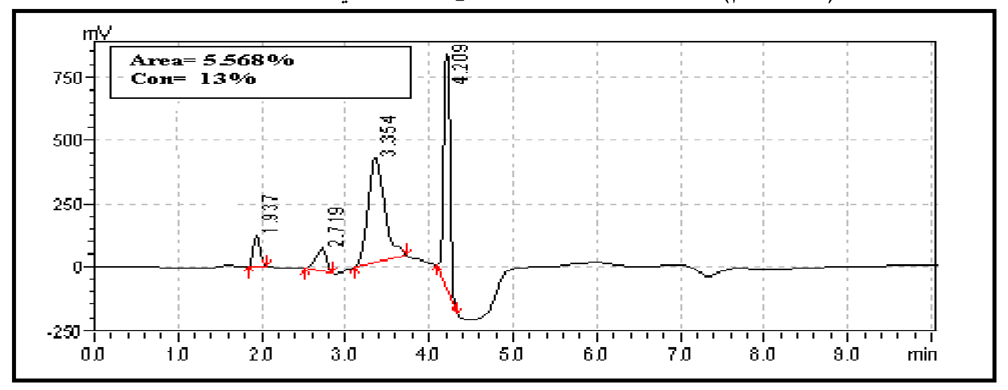
الشكل 256. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *E.coli* 1 في الدرجة ٣٥°C.



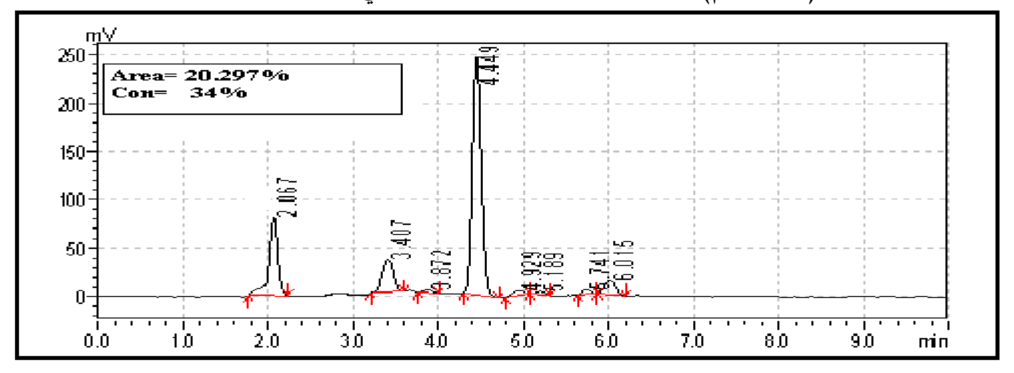
الشكل 257. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *E.coli* 2 في الدرجة ٣٥°C.



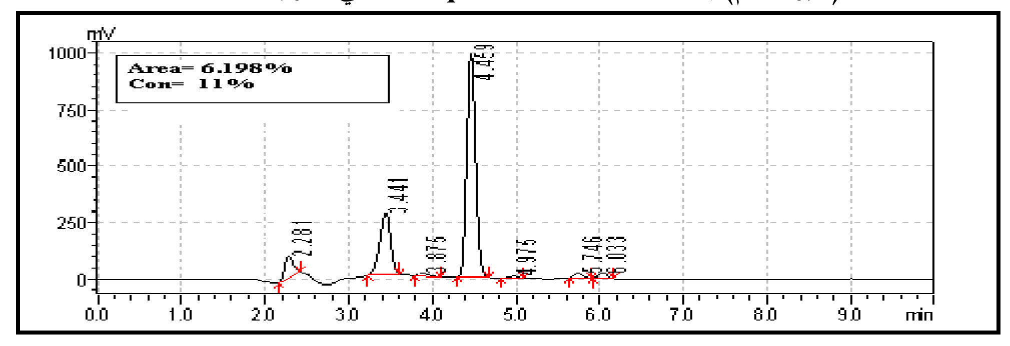
الشكل 258. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sal. tuphimurium* في الدرجة ٣٥°C.



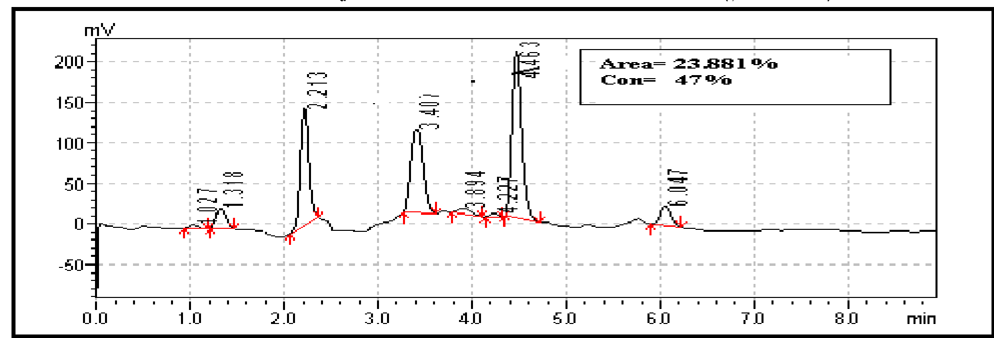
الشكل 259. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sal. enteritidis* في الدرجة ٣٥°C.



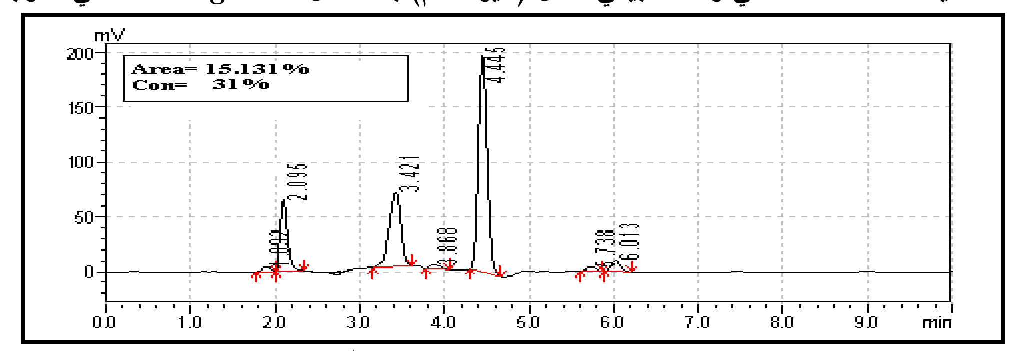
الشكل 260. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 1 في الدرجة ٣٥°C.



الشكل 261. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل من مياه صرف من موقع الرمل الجنوبي (غير معقّم) باستعمال *Sta. epidermidis* 2 في الدرجة ٣٥°C.



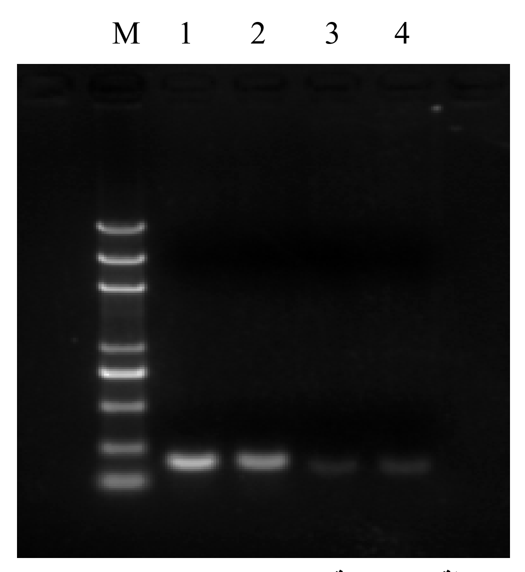
الشكل 262. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقّم) باستعمال *Ps.aeruginosa* في الدرجة ٣٥°C.



الشكل 263. تفكيك C12-LASs في وسط طبيعي سائل (غير معقّم) باستعمال *Pseudomonas sp* في الدرجة ٣٥°C.

9.3– الدراسة الوراثية الجزيئية لإحدى الجراثيم المنتقاة والمفككة للمواد الفعّالة سطحياً.

أمكن الحصول على تضخيم كافٍ لجزء المورثة المسؤولة عن إنتاج Sulphoxidase بحجم قدره ١٨٠ قاعدة نتروجينية من جراثيم *Pseudomonas aeruginosa*، وأجري تخفيض تركيز الحموض النووية المستعملة في تفاعل PCR إلى النصف في كلا التفاعلين؛ أي مع بادئات المورثة المسؤولة وبادئات المورثة 16S rRNA (للتأكد من مدى كفاءة عملية التضخيم)، إذ استعمل ١ و ٠.٥ ميكرولتر من المادة الوراثية، وبناءً عليه أمكن الحصول على تضخيم للمورثة أعلى تركيزاً في التفاعل الأول منه في التفاعل الثاني، كما هو موضح بالشكل 265.



الشكل 265. تضخيم جزء من المورثة المسؤولة عن Sulphoxidase عند *Pseudomonas aeruginosa*.

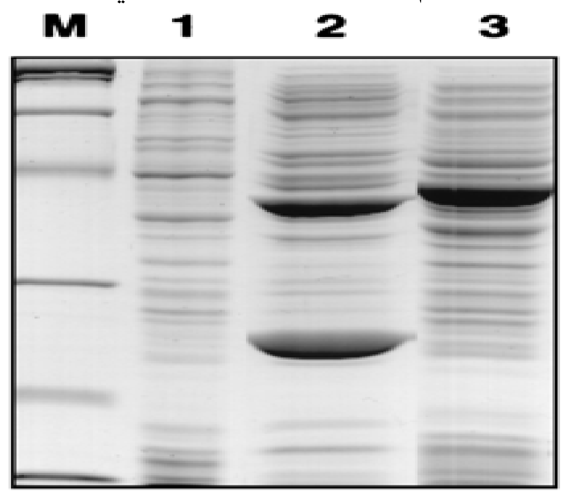
يبيّن الشكل 265 تحليل نتائج تفاعل PCR على هلامة من الآغاروز بنسبة ١%.

- العمود الأول M من الهلامية يحتوي مؤشر الأحجام الذي يتكون من 8 حزم من الدنا DNA بأحجام متباينة وهي: 2000 – 1500 – 1000 – 500 – 400 – 300 – 200 – 100 قاعدة نتروجينية.
- العمود (١) ناتج تفاعل التضخيم للمورثة المسؤولة باستعمال ١ ميكرولتر من DNA.
- العمود (٢) ناتج تفاعل التضخيم للمورثة 16S rRNA باستعمال ١ ميكرولتر من DNA.
- العمود (3) ناتج تفاعل التضخيم للمورثة المسؤولة باستعمال 0.5 ميكرولتر من DNA.
- العمود (٤) ناتج تفاعل التضخيم للمورثة 16S rRNA باستعمال 0.5 ميكرولتر من DNA.

وبذلك أمكن الكشف عن المورثة المسؤولة عن التركيب الحيوي لإنزيم Sulphoxidase انطلاقاً من المادة الوراثية المستخلصة من السلالة الجرثومية *Pseudomonas aeruginosa*، بمساعدة البادئات الخاصة بهذه المورثة، وبصفته شاهداً على خصوصية وكفاءة هذا التفاعل أجري تضخيم المورثة 16S rRNA الذي يستعمل عادة شاهداً عاماً لهذا النوع من التجارب الذي أعطى نتائج إيجابية، كما أثبتت كفاءة هذا التضخيم من خلال استعمال تراكيز متفاوتة من المادة الوراثية لأن تخفيض تركيزها أدى إلى تخفيض كمية ناتج تفاعل PCR.

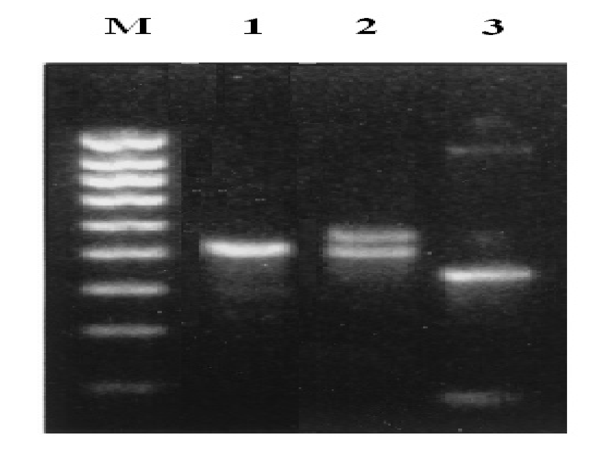
أمكن في أبحاث سابقة تحديد مورثات قادرة على إنتاج إنزيمات قادرة على تفكيك مواد فعّالة سطحياً، موجودة في العديد من الأحياء الدقيقة (Kertesz, M.A.et al. 1999. Pogorevc, M & Faber, K. 2003. Ellis,

(A.J.et al. 2002)، مثل المورثة المسؤولة عن تركيب إنزيم Methanesulphonate Sulphonatase وهي موجودة في *E.coli* ، ويبيّن الشكل 266 تضخيم جزء من هذه المورثة في *E.coli*.



الشكل 266. تضخيم جزء من المورثة المسؤولة عن تركيب إنزيم Methanesulphonate Sulphonatase في *E.coli*

إن هذه المورثة موجودة أيضاً في *Ps.aeruginosa* و *E.coli* و *Sal. typhimurium* التي اختيرت في هذا البحث، وهذا يدل على احتواء هذه الأنواع الجرثومية المورثات القادرة على إنتاج نوع أو أكثر من الإنزيمات القادرة على تفكيك المواد الفعّالة سطحياً، كما يوضح بالشكل 267.



الشكل 267. تضخيم جزء من المورثة المسؤولة عن تركيب إنزيم Methanesulphonate Sulphonatase في *Ps.aeruginosa* و *E.coli* و *Sal. typhimurium*

العمود الأول M يحتوي دالة الأحجام، أما العمود 1 فيعبر عن تضخيم جزء من هذا المورث عند *Ps.aeruginosa*، أما العمود 2 فهو تضخيم جزء من هذه المورثة في *E.coli*، والعمود 3 هو تضخيم جزء من هذه المورثة في *Sal. typhimurium* (Kertesz, M.A.et al. 1999).

إن الكشف عن وجود إنزيم Sulphoxidase أكد النتائج التي تمَّ التوصل إليها بالنسبة لتفكيك المواد الفعّالة سطحياً المدروسة، وذلك باستعمال الجراثيم المنتقاة مجتمعة ومنفردة.

10.3- مقارنة بين نتائج الدراسة مع نتائج محطة معالجة السلمية.

تعدّ مياه الصرف (الصحي والصناعي والزراعي) من المصادر المائية غير التقليدية والمهمة جداً، ولاسيّما إذا عولجت جيداً لتلبي الحاجة إلى المياه في بعض مجالات الاستعمال، ويبين تطبيق التقانة الحيوية في هذا البحث أن السلالات المنتقاة للتطبيق العملي كان لها تأثير متنوع ومختلف بحسب السلالات المستعملة، وبحسب الشروط المختلفة أيضاً، وبلغت قيماً مرتفعة في تخفيض نسبة المواد الفعّالة سطحياً في العديد من الحالات.

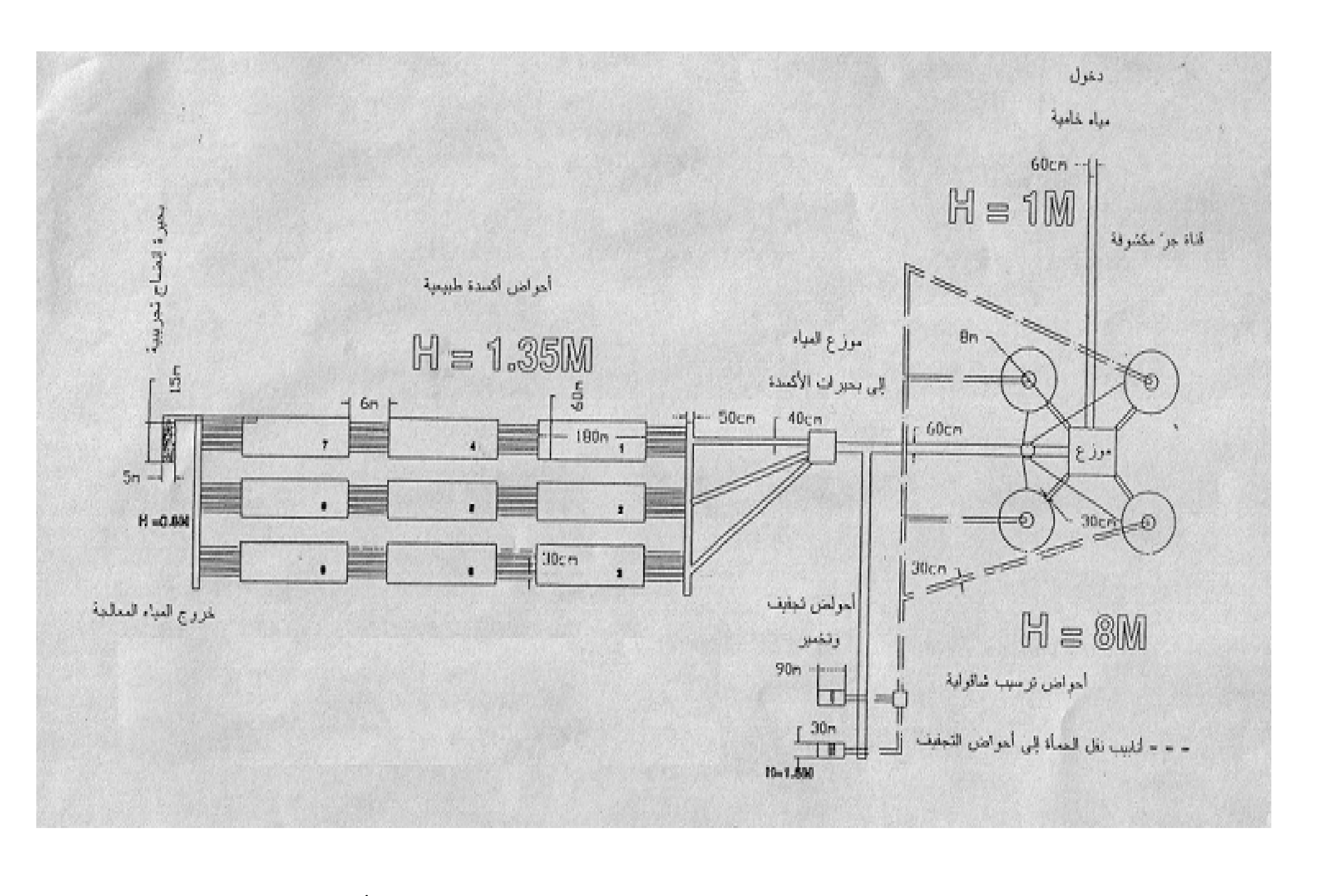
إن نتائج عمل السلالات الجرثومية المستعملة في هذه الدراسة كانت جيدة بشكل عام في تخفيض نسب المواد الفعّالة سطحياً في الأوساط الصنعية التي حضرت في المختبر في كلا حالتي LASs وSDSs وتجاوزت نسبة 70% في حالات كثيرة بحسب التركيز المستعمل، ودرجة الحرارة، حتى تجاوزت 90% في حال التراكيز المنخفضة، ونسبة 60% بحسب درجة الحموضة، عند استعمال كلٍّ منها على حدة.

أما نسب التخفيض للمواد الفعّالة سطحياً في برك الأكسدة الاختيارية الموجودة في محطة السلمية المستعملة أحواض معالجة حيوية، فإنه يلاحظ أن نسبة تفكيك المواد الفعّالة سطحياً في محطة المعالجة في السلمية كانت منخفضة ولم تتجاوز 25%.

يلاحظ مما سبق أن الجراثيم المستعملة في هذا البحث قد زادت من نسبة تفكيك المواد الفعّالة سطحياً بشكل عام، مع وجود بعض الفروق بحسب السلالات بنسب أعلى مما هو في محطة معالجة السلمية، مما يشجع على تطبيقها بشكل واسع خاصة في أحواض الأكسدة، وبالتالي فإن تطبيق هذه الطريقة في مرحلة المعالجة الحيوية لعمل محطات المعالجة، سيعمل على زيادة فعالية تلك المحطات بشكل واضح ويرفع من مردودها، ومن هنا تنبع الأهمية التطبيقية لنتائج هذه الدراسة.

إن احتواء السلالات الجرثومية المستعملة في هذا البحث على المجموعات الإنزيمية القادرة على استقلاب الكبريت ساهم في تفكيك العديد من المواد الفعّالة سطحياً الموجودة في مياه الصرف، ومن أهم هذه الإنزيمات Aliphatic sulphonates (SsuABC) و $FMNH_2$- desulphonative monooxygenase SsuD و NADPH:FMN reductase SsuE وهي تفكيك السلفونات الأليفاتية .

أما عند استعمال هذه السلالات مجتمعة لتفكيك المواد الفعّالة سطحياً (SDSs , LASs) في المختبر في وسط صنعي، فقد لوحظ أن هذه الأحياء استطاعت تفكيك تلك المواد بنسب جيدة جداً في تركيز 500 ملغ/ ل في حالتي LASs وSDSs، أما بوجود تركيز 1000 ملغ/ل فكانت جيدة في حال LASs وضعيفة في حال SDSS ولكنها بشكل عام أفضل من نتائج محطة المعالجة في السلمية.



الشكل (268) مخطط وحدة معالجة مياه الصرف الصحي في السلمية بنظام بحيرات الأكسدة الطبيعية

11.3- استبانة خاصة بالمنظفات المستعملة في اللاذقية

أُعدت استبانة خاصة بالمنظفات المستعملة في اللاذقية، ووزعت على عينة من الأُسر والمنشآت الموجودة في مختلف المدن والبلدات والقرى بمحافظة اللاذقية، وشملت مختلف المستويات العلمية والاقتصادية والاجتماعية، والغاية منها هي "معرفة وتقدير استهلاك المنظفات لتقدير كميات المواد الفعّالة سطحياً، التي تصل إلى البيئة في محافظة اللاذقية بشكل عام ومياه الصرف خصوصاً، وفيما إذا كانت نسبة هذه المواد مقبولة أم لا"، والشكلان 269، 270 يوضحان استمارة الاستبانة.

استبانة عن المنظفات المستعملة في محافظة اللاذقية (الأُسر)

- الرجاء عدم ذكر الاسم.
- البيانات الواردة في هذه الاستمارة تستعمل لأغراض البحث العلمي فقط.

أسئلة استمارة بحث

السؤال الأول : مكان الإقامة ☐ ريف (تحديد المنطقة)، ☐ مدينة (تحديد المنطقة)

السؤال الثاني : عدد أفراد الأسرة ☐ الحالة التعليمية لرب الأسرة ☐

السؤال الثالث: إجمالي الإنفاق الشهري للأسرة ☐ (المصروفات المالية الشهرية على المأكل والملبس وغير ذلك)

السؤال الرابع: الإنفاق الشهري للأسرة على المنظفات ☐ (غسيل، جلي، تنظيف، منتجات العناية مثل الشامبو وغيره)

السؤال الخامس: المنظف المستعمل؟ **ملاحظة: كمية المنظف تكون موجودة على علبته.**

اسم المنظف	نوع المنظف	كمية الاستهلاك الشهري	ثمن الاستهلاك الشهري
	سائل	( ) مل	
	معجون	( ) كغ	
	مسحوق غسيل	( ) كغ	
	صابون	( ) قطعة (أو كغ)	
	شامبو	( ) مل	
	معجون أسنان	( ) غ	
	معقّم (كلور، فلاش، جت، ديتول)	( ) مل	
	أخرى يرجى ذكرها	( ) مل (أو كغ)	

السؤال السادس: الجهة المصنعة للمنظف المستعمل ☐ مصنع معروف (عبوة نظامية) - ☐ ورشة صغيرة (فلش)

السؤال السابع: تأثير المنظفات في صحة أفراد الأسرة:

التأثير السلبي		عدد الأفراد المتأثرين	التأثير الإيجابي		عدد الأفراد المتأثرين
تحسس جلدي			نعومة بشرة		
تحسس عيني			نضارة بشرة		
تنفس					
حالات أخرى يرجى ذكرها إذا وجدت					

وشكراً لتعاونكم معنا **الباحثة لمى جرعا**

الشكل 269. **الاستبانة الخاصة باستعمال المنظفات في محافظة اللاذقية خلال عام ٢٠١٠.**

استبانة عن المنظفات المستعملة في المنشآت بمحافظة اللاذقية

- الرجاء عدم ذكر اسم المنشأة أو اسم مالكها.
- البيانات الواردة في هذه الاستمارة تستعمل لأغراض البحث العلمي فقط.

أسئلة استمارة بحث

السؤال الأول : مكان وجودالمنشأة ☐ ريف (تحديد المنطقة)، ☐ مدينة (تحديد المنطقة)

السؤال الثاني : نوع المنشأة ☐ خاصة، ☐ عامة

السؤال الثالث : طبيعة عمل المنشأة؟

منشآت حكومية (إدارية)		مغاسل (غسيل وكوي)	
منشآت تعليمية		مطاعم- فنادق- مقاهي	
منشآت طبية		مصانع أغذية	
ورش غسيل السيارات		تجارة أغذية (محلات تقديم الأطعمة)	
ورش التنظيف المختلفة		محلات لحوم- فروج	
ورش ميكانيك		حرف متنوعة	

السؤال الرابع : عدد العاملين ☐

السؤال الخامس : الإنفاق الشهري على المنظفات ☐

السؤال السادس : المنظف المستعمل؟ **ملاحظة: كمية المنظف تكون موجودة على علبته**

المنظف	سائل	معجون	مسحوق	صابون	معقّم	أنواع أخرى يرجى ذكرها
اسم المنظف						
كمية الاستهلاك الشهري						
ثمن الاستهلاك الشهري						

السؤال السابع: الجهة المصنعة للمنظف المستعمل ☐ مصنع معروف (عبوة نظامية) - ☐ ورشة صغيرة (فلش)

وشكراً لتعاونكم معنا **الباحثة لمى جرعا**

الشكل 270. الاستبانة الخاصة باستعمال المنظفات في منشآت محافظة اللاذقية خلال عام ٢٠١٠.

بلغ عدد الأسر المشمولة بالعينة 222 أسرة، وعدد الأفراد في هذه الأسر 1051 فرداً، أما عدد المنشآت (خاصة، وعامة) فقد بلغ 25 منشأة، توزعت بين الريف والمدينة وشملت العديد من الأنشطة، وقد تم التوصل إلى النتائج الآتية:

١. أعلى نسبة لعدد أفراد الأسرة الواحدة (5 أفراد) بلغ 26 % (الشكل 2 في الملحق).
٢. أكثر الأسر استعمالاً للمنظفات هي الأسر التي يحمل فيها ربّ الأسرة شهادة معهد وما فوق، إذ يؤدي دخل الأسرة دوراً في ذلك (الشكلان 3، 6 في الملحق).
٣. إن 25% من الأسر ذات إنفاق شهري يتراوح بين 10 – 15 ألف ليرة سورية، و20% من الأسر ذات إنفاق شهري يتراوح بين 20 – 25 ألف ليرة سورية (الشكل 4 في الملحق).

٤. بلغ إجمالي الإنفاق 4087000 ليرة سورية، ومتوسط الإنفاق الكلي شهرياً 18409 ليرة سورية، وإجمالي الإنفاق على المنظفات 305630 ليرة سورية، ومتوسط الإنفاق على المنظفات شهرياً 1375 ليرة سورية، ويبلغ متوسط إنفاق الفرد الواحد على المنظفات شهرياً 290 ليرة سورية، ويشكل الإنفاق على المنظفات شهرياً نحو 7.5% من الإنفاق الكلي، وهي نسبة مرتفعة قياساً للاحتياجات الأخرى وذلك في حال الأسر، أما في حال المنشآت فإن أعلى نسبة للإنفاق كانت عند مجموعة 2000 ليرة سورية، وبلغت 28%، وهذا يتناسب مع كون النسبة الأكبر من المنشآت التي تعتمد عدد قليل من الأفراد العاملين وعلى حجم المنشأة الصغير أيضاً، في الغالب (الشكل 40 في الملحق).

٥. أعلى نسبة إنفاق شهري للأسر على المنظفات بلغت 36%، تتراوح بين 1000 – 1500 ليرة سورية شهرياً (الشكل 5 في الملحق).

٦. المنتجات النظامية هي الأكثر استعمالاً في حالة الأسر بينما، كانت جميع المنتجات المستعملة في المنشآت المشمولة بالعينة نظامية ومعروفة المصدر (الشكل 31 في الملحق).

٧. إن أعلى نسبة تأثير سلبي كانت في حال التحسس التنفسي، وكانت جميع الحالات عند استعمال المعقّمات الكلور والفلاش (الشكل 32 في الملحق) .

٨. أعلى نسبة تأثير إيجابي في حال نعومة البشرة وبلغت 64%، وغالباً ما كانت أنواع الصوابين هي السبب الرئيس لذلك (الشكل 33 في الملحق).

٩. إن واحداً على الأقل من أفراد الأسرة حدثت لديه حالة تحسس جلدي عند 20% من العينة، أما في حال التحسس العيني فبلغت 14%، في حين كانت 25% في حال التحسس التنفسي (الشكل 34 في الملحق).

١٠. 25% من العينة تأثر فيها فرد واحد على الأقل بنعومة البشرة، و20% في حال نضارة البشرة (الشكل 35 في الملحق).

١١. توزع عدد العمال في المنشآت في عدة مجموعات بلغ أعلاها نسبةً مجموعة عاملين فقط في المنشأة الواحدة، ويمكن تفسير ذلك بأن أكثر المنشآت الخاصة تعتمد غالباً على أفراد الأسرة نفسها أو الأفراد القادرين على العمل في الأسرة، إلى ذلك غالباً ما يكون عدد أفراد تلك المنشآت قليلاً، أما المنشآت ذات عدد الأفراد الكبير فهي منشآت حكومية خدمية وتعليمية غالباً (الشكل 39 في الملحق).

١٢. ويبين الجدول 27 النتائج الأخرى التي تمَّ الحصول عليها من الاستبانة.

الجدول 27. النسبة المئوية الأعلى لنوع المنظف وكميته وكلفته.

	المنظف	الأُسر	%	الشكل في الملحق	المنشآت	%	الشكل في الملحق
النوع	سائل	نورا	39	7	مدار	32	41
	معجون جلي	مدهش	16	8	ندى، داليا	44	42
	مسحوق غسيل	مدار	50	9	مدار	28	43
	صابون	حياة	21	10	حياة	56	44
	شامبو	سنسيلك	20	11	–	–	–
	معجون أسنان	سجنال	44	12	–	–	–
	معقّمات	كلور الأرز	76	13	كلور الأرز	70	45
	منظفات أخرى	متنوعة	–	14	–	–	–
الكمية	سائل	1.5 لتر	23	15	لترين	16	47
	معجون جلي	1 كغ	11	16	3 كغ	14	٤٨
	مسحوق غسيل	4 كغ	37	17	4 كغ	10	49
	صابون	1 كغ	29	18	1 كغ	24	50
	شامبو	1 لتر	44	19	–	–	–
	معجون أسنان	150 ملغ	24	20	–	–	–
	معقّمات	لترين	34	21	8 لتر	12	51
	منظفات أخرى	لتر	34	22	3 لتر	8	52
الكلفة	سائل	100 ل. س	34	23	200 ل. س	20	53
	معجون جلي	50 ل. س	15	24	100 ل. س	20	54
	مسحوق غسيل	200 ل. س	12	25	250 ل. س	%20	55
	صابون	200 ل. س	33	26	100 ل. س	%32	56
	شامبو	200، 250، 300 ل. س	13	27	–	–	–
	معجون أسنان	50، 100، 150 ل. س	21	28	–	–	–
	معقّمات	100 ل. س	36	29	200 ل. س	%24	57
	منظفات أخرى	100 ل. س	20	30	200 ل. س	%8	58

12.3- الدراسة الإحصائية:

بعد جمع كميات المنظفات في حالتي عيّنة الأسر وعيّنة الشركات، وتوحيد واحدة القياس بالميلي غرام للمقارنة بكمية المنظفات المسموح بها في المياه، وفق المواصفات القياسية السورية التي تبلغ (20 ملغ/لتر).

جرى تحديد الفرضية الابتدائية وفق الآتي:

لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف) ومتوسط كمية المنظفات المسموح بها وفق المواصفات القياسية السورية (20 ملغ/لتر).

أي أن : $H_0 : \overline{x} = \overline{x}_0$

وبالتالي التكون الفرضية البديلة: $H_1 : \overline{x} \neq \overline{x}_0$ عندئذ يكون الاختبار ثنائي الجانب.

ومنه فإن دالة الاختبار:

$$|t| = \frac{|\overline{x} - \overline{x}_0|}{s / \sqrt{n}}$$

إذ أن:

$\overline{x}$: متوسط كمية المنظفات المأخوذة من عينة الاستبانة.

$\overline{x}_0$: المتوسط بحسب المواصفات القياسية.

S : الانحراف المعياري للعيّنة.

n : عدد المفردات (عدد أنواع المنظفات المستعملة).

$|t| = \frac{|1114327 \ - 20|}{763196\ .41 / \sqrt{8}} = 4.1296$ القيمة المحسوبة لدالة الاختبار ستيودنت (t) الذي يستعمل في حال العينات الصغيرة $n < 30$ وإن القيمة الجدولية لتوزيع ستيودنت عند مستوى معنوية α يساوي ٥% ودرجات حرية $n - 1 = 7$. وفي حال الاختبار ثنائي الجانب هي:

$$t_{(1-\alpha/2, n-1)} = t_{(1-0.025, 7)} = t_{(0.975, 7)}$$

ومن جدول توزيع ستيودنت تقابل 2.365، وبمقارنة القيمة المحسوبة مع القيمة الجدولية يتبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية لذلك (ترفض) الفرضية بعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المنظفات، التي تصل إلى البيئة شهرياً في محافظة اللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المنظفات المسموح بها وفق المواصفات القياسية السورية، وهذا ما ظهر في نتائج الاستبانة عند تقدير كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة باللاذقية إذ بلغت كمية المنظفات 8915 كغ تقريباً من المنظفات المختلفة.

تكون $\alpha = 0.01$ في الدراسات الإحصائية الحيوية أي مستوى المعنوية يكون 1% عالمياً، و عندئذ $t_{(1-\alpha/2, n-1)} = t_{(1-0.005, 7)} = t_{(0.995, 7)}$ من جدول توزيع ستيودنت تقابل 3.499، وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية يتبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية. إلى ذلك ترفض الفرضية بعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، وبين متوسط كمية المنظفات المسموح بها وفق المواصفات القياسية السورية عند مستوى معنوية 1%.

وجرى الإفتراض أن الاختبار أحادي الجانب فتكون الفرضيات:

$$H_0 : \overline{x} = \overline{x}_0$$

$$H_1 : \bar{x} > \bar{x}_0$$

$\bar{x}$: متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المأخوذة من عيّنة الاستبانة.

$\bar{x}_0$: المتوسط بحسب المواصفات القياسية السورية.

s : الانحراف المعياري للعيّنة.

n : عدد المفردات (عدد أنواع المنظفات المستعملة والتي أخذت منها المواد الفعّالة سطحياً).

ومنه فإن: $|t| = \dfrac{|\bar{x} - \bar{x}_0|}{s/\sqrt{n}}$

والقيمة الجدولية لتوزيع ستيودنت عند مستوى معنوية 5% ودرجات حرية 7 =1 - n.

$$t_{(1-\alpha,n-1)} = t_{(1-0.05,7)} = t_{(0.95,7)}$$

وهي تقابل في جدول توزيع ستيودنت 1.895، وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية، يتبيّن أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية لذلك ترفض الفرضية بعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف) ومتوسط كمية المنظفات المسموح بها وفق المواصفات القياسية السورية.

أما عند مستوى المعنوية 1% فإن: $t\ (0.99\ ,\ 7)$، وهي تقابل 2.998 في جدول توزيع ستيودنت، وبمقارنتها بالقيمة المحسوبة يتبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية لذلك ترفض الفرضية.

ثم حسب تركيز المواد الفعّالة سطحياً، الموجودة في المنظفات (في حالتي عيّنة الأسر وعيّنة الشركات) بالميلي غرام للمقارنة بكمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها في المياه، وفق المواصفات بالمغرب العربي التي تبلغ 3 ملغ/ل، لعدم وجود قيمة لها محددة في المواصفات القياسية السورية. (المغرب دولة عربية تتشابه ظروفه مع الظروف في سورية إلى حدٍّ ما).

جرى تحديد الفرضية الابتدائية (فرضية العدم، أو فرضية الصفر) وفق الآتي:

لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً التي تصل إلى البيئة شهرياً في محافظة اللاذقية، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق المواصفات القياسية المغربية (3 ملغ/لتر).

ومنه فإن دالة الاختبار: $|t| = \dfrac{|126784 \quad - 3|}{75837 \quad .104 \ / \sqrt{8}} = 4.727$

إن القيمة الجدولية لتوزيع ستيودنت عند مستوى معنوية 5% ودرجات حرية 7 =1 - n في حال الاختبار ثنائي الجانب، ومن جدول توزيع ستيودنت تقابل 2.365 وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية يتبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية، لذلك ترفض الفرضية بعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المواد

الفعّالة سطحياً، التي تصل إلى البيئة شهرياً في محافظة اللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق المواصفات القياسية المغربية، إذ بيّنت التحاليل التي أجريت في بعض تجارب البحث على مياه الصرف الصحي باللاذقية، أن تراكيز المواد الفعّالة سطحياً قد تجاوزت 450 ملغ/ل في موقعي الدراسة.

تكون $\alpha = 0.01$ في الدراسات الإحصائية الحيوية أي مستوى المعنوية 1%، ومن جدول توزيع ستيودنت تقابل 3.499 وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية، يتبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية، لذلك ترفض الفرضية لعدم وجود فروق جوهرية، بين متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً، التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق المواصفات القياسية المغربية عند مستوى معنوية 1%.

وجرى الإفتراض أن الاختبار أحادي الجانب وإن القيمة الجدولية لتوزيع ستيودنت عند مستوى معنوية 5% ودرجات حرية $n - 1 = 7$. تقابل في جدول توزيع ستيودنت 1.895 وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية تبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية لذلك ترفض الفرضية لعدم وجود فروق جوهرية، بين متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً، التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق المواصفات القياسية المغربية.

أما عند مستوى المعنوية 1% فإن: $t_1\ (0.99\ ,\ 7)$، وتقابل 2.998 في جدول توزيع ستيودنت وبمقارنتها بالقيمة المحسوبة تبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية لذلك ترفض الفرضية.

وجرت مقارنة كمية المواد الفعّالة سطحياً الموجودة في المنظفات (في حالتي عينة الأسر وعينة الشركات) بالميلي غرام بكمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها في المياه، وفق المواصفات القياسية التونسية (تونس) والصينية (الصين) والتي تبلغ (5 ملغ/ل).

جرى تحديد الفرضية الابتدائية (فرضية العدم، أو فرضية الصفر) وفق الآتي.

لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً، التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق المواصفات القياسية التونسية والصينية.

ومنه فإن دالة الاختبار: $$|t| = \frac{|126784 \quad - 5|}{75837 \quad .104 \ / \sqrt{8}} = 4.728$$

إن القيمة الجدولية لتوزيع ستيودنت عند مستوى معنوية 5% ودرجات حرية $n\text{-}1\text{=}7$. في حال الاختبار ثنائي الجانب، ومن جدول توزيع ستيودنت تقابل 2.365 وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية، تبيّن أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية، لذلك ترفض الفرضية لعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً، التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق المواصفات القياسية التونسية والصينية.

تكون α = 0.01 في الدراسات الإحصائية الحيوية أي مستوى المعنوية يكون 1%، ومن جدول توزيع ستيودنت تقابل 3.499 وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية، تبيّن أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية، لذلك ترفض الفرضية لعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً، التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق القياسية التونسية والصينية، عند مستوى معنوية 1%.

وجرى إفتراض أن الاختبار أحادي الجانب، فالقيمة الجدولية لتوزيع ستيودنت عند مستوى معنوية 5% ودرجات حرية n - 1= 7. تقابل في جدول توزيع ستيودنت 1.895، وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية تبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية، لذلك ترفض الفرضية بعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المواد الفعّالة سطحياً المسموح بها وفق القياسية التونسية والصينية.

أما عند مستوى المعنوية 1% فإن: t_1 (0.99 , 7)، وهي تقابل 2.998 في جدول توزيع ستيودنت وبمقارنتها بالقيمة المحسوبة تبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية لذلك ترفض الفرضية.

أما في محطة المعالجة التي تصل فيها نسبة تفكيك المنظفات إلى 25% فقط، ويبقى في المياه المعالجة 30 ملغ/ل فقد جرى تحديد الفرضية الابتدائية (فرضية العدم، أو فرضية الصفر) بالنص الآتي:

لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كمية المنظفات، التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المنظفات التي تبقى في المياه المعالجة في السلمية والتي تبلغ 30 ملغ/ل.

ومنه فإن دالة الاختبار: $$|t| = \frac{|1114327 - 30|}{763196.41/\sqrt{8}} = 4.1295$$

إن القيمة الجدولية لتوزيع ستيودنت عند مستوى معنوية 5% ودرجات حرية n - 1= 7. في حال الاختبار ثنائي الجانب. ومن جدول توزيع ستيودنت تقابل 3.499 وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية، تبيّن أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية لذلك ترفض الفرضية لعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المنظفات التي تبقى في المياه المعالجة في السلمية.

وعندما تكون α = 0.01 أي مستوى المعنوية 1%، فإنها تقابل 3.499 وبمقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الجدولية تبين أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية، لذلك ترفض الفرضية لعدم وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المنظفات التي تبقى في المياه المعالجة في السلمية عند مستوى معنوية 1%.

وتبين أيضاً في حال الاختبار أحادي الجانب (عند مستوى معنوية 5%، ومستوى المعنوية 1% ودرجات حرية n - 1= 7) أن القيمة المحسوبة أكبر من الجدولية، لذلك ترفض الفرضية لعدم وجود فروق جوهرية بين

متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً باللاذقية (مدينة وريف)، ومتوسط كمية المنظفات التي تبقى في المياه المعالجة في السلمية.

الاستنتاجات Conclusions

١- إن مياه الصرف الصحي لمدينة اللاذقية ذات محتوى مرتفع من المواد العضوية المختلفة، وخاصة المنظفات بشكل عام، والمواد الفعّالة سطحياً بشكل خاص.

٢- عزلت وصنفت 8 مزارع جرثومية تنتمي إلى 5 أنواع منتمية لـــ 4 أجناس من مياه الصرف الصحي، من موقعي الدراسة (أفاميا، والرمل الجنوبي) وهي *Salmonella enteritidis* و *Salmonella typhimurium* و *Staphylococcus epidermidis1* و *Staphylococcus epidermidis2* و *E.coli1* و *E.coli 2* و *Pseudomonas sp* و *Pseudomonas aeruginosa*..

٣- أفضل نتائج تفكيك المواد الفعّالة سطحياً كانت بوجود النترات بصفته مصدراً آزوتياً، وأفضل الجراثيم المفككة كانت *Pseudomonas.sp* وبنسبة وصلت إلى 85.5%.

٤- فككت الأحياء المعزولة LASs في حالتي (الحدود الدنيا والعظمى) للمؤشرات الخاصة بمياه الصرف لمدينة اللاذقية، ولكن بنسبة أعلى في حالة الحدود الدنيا، بأفضل نسبة تفكيك 89% بوجود *Pseudomonas sp* (الحدود الدنيا)، وأفضل نسبة 78% بوجود *Ps. aeruginosa* (الحدود العظمى).

٥- أفضل نتائج تفكيك تراكيز مختلفة من SDSs كانت بوجود تراكيز منخفضة من SDSs في الوسط، إذ تجاوزت نسبة التفكيك 75% بشكل عام.

٦- أفضل نتائج تفكيك تراكيز مختلفة من SDSs عند دراسة تأثير درجة الحرارة °C(15-25-35) كانت عند درجة الحرارة 35°C.

٧- أفضل نتائج تفكيك تراكيز مختلفة من SDSs مع تغيّر درجة الحموضة كانت عند الدرجتين 5 و 6، وكانت *E.coli 1* الأفضل تفكيكاً بنسبة 71 % عند pH=6.

٨- أفضل نتائج تغيّرات سلفونات الألكيل بنزن الخطية LASs في وسط يحويها بصفته مصدراً وحيداً للكربون والكبريت خلال أشهر مختلفة كانت في شهر حزيران.

٩- فككت الجراثيم المعزولة والمنتقاة مجتمعة SDSs في وسط صنعي سائل بنسبة عالية في تركيز 500 ملغ/ل.

١٠- أفضل نسبة تفكيك للمواد الفعّالة سطحياً التي تدخل في تركيب المنظفات (المستعملة محلياً) كانت في حالة مسحوق الغسيل من برسيل ووصلت لـــ 90% خلال أسبوع.

١١- استطاعت جميع الجراثيم المستعملة تفكيك LASs في وسط صنعي سائل بشكل منفرد ومجتمعة.

١٢- استطاعت الجراثيم المعزولة تفكيك مركبات LASs الموجودة في وسط طبيعي معقّم بالحرارة، وأفضل نتائج التفكيك كانت بالدرجة 35°C، عند *Sal. tuphimurium* بنسبة 92%.

١٣- استطاعت الجراثيم المعزولة تفكيك مركبات LASs الموجودة في وسط طبيعي غير معقّم بالحرارة (أفاميا)، وأفضل النتائج كانت بالدرجة 25°C، عند *Sal. enteritidis*، و *Pseudomonas sp*، بنسبة 91%. بينما كان أفضلها تفكيكاً في الرمل الجنوبي *Sta. epidermidis2* بنسبة 89%، وذلك في درجة الحرارة 35°C.

١٤- زادت نسبة تفكيك المواد الفعّالة سطحياً بوساطة الجراثيم المعزولة من مياه الصرف الصحي بالمقارنة مع نتائج محطة معالجة السلمية.

١٥- تبين نتائج الاستبيان وجود فروق جوهرية بين متوسط كمية المنظفات التي تصل إلى البيئة شهرياً في محافظة اللاذقية، وبين متوسط كمية المنظفات التي تبقى في المياه الناتجة عن محطة المعالجة في السلمية، وهذا يدل على أهمية معالجة مياه الصرف.

١٦- تبيّن هذه الدراسة الأهمية الاقتصادية للمعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، بتقليل التأثيرات البيئية السلبية الناجمة عن تلويث تلك المياه للمصادر البيئية المختلفة وخاصة المائية منها، إضافة لأنها تعدّ أقل كلفة مقارنة بالمصادر الأخرى لتوفير المياه.

المقترحات

١- إنتاج واستعمال منظفات ومواد فعّالة سطحياً صديقة للبيئة، قابلة للتفكيك الحيوي بشكل جيد، بفعل الأحياء المختلفة الموجودة في البيئة، وبأقل التأثيرات في البيئة بشكل عام والإنسان بشكل خاص.

٢- إنشاء محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي تحقق المواصفات العالمية وتتناسب مع الظروف المحلية، للأهمية البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

٣- إنشاء بنك خاص بالأحياء وخاصة الأحياء الدقيقة، بالإضافة لإنشاء بنك خاص بالمورثات بالتعاون مع المؤسسات العلمية العالمية.

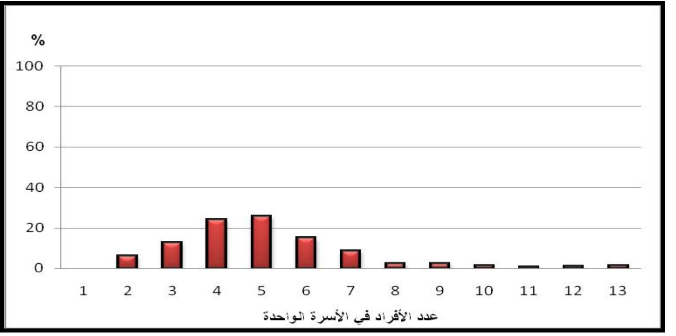
٤- استمرار الأبحاث المتعلقة بتحسين فعالية الأنواع المستعملة في هذه الدراسة للتخلص من الملوثات.

٥- استعمال التقانات الحيوية الحديثة لمعالجة التلوث البيئي بشكل عام، وتلوث المصادر المائية بمياه الصرف الصحي بشكل خاص.

الملحق:



الشكل 1. توزع العينة بحسب مكان الاقامة.

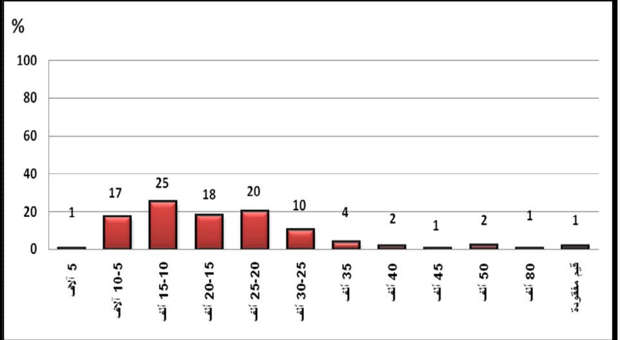


الشكل 2. توزع العينة بحسب عدد أفراد الأسرة.

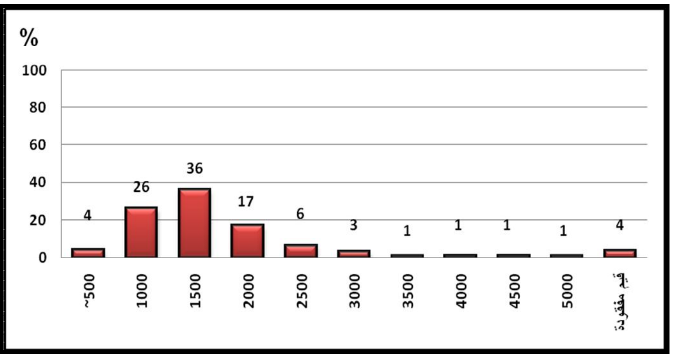
	الحالة التعليمية
1	أميّ
2	ملم
3	ابتدائية
4	إعدادية
5	ثانوية
6	معهد وما فوق
7	قيم مفقودة

مغ
350000
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
كمية سائل | كمية معجون | كمية مسحوق | كمية صابون | كمية شامبو | كمية معجون أسنان | كمية معقمات | كمية منظفات أخرى
1 2 3 4 5 6 7

الشكل 3. توزع الكميات المستعملة من المنظفات بحسب الحالة التعليمية لربّ الأسرة خلال عام ٢٠١٠.



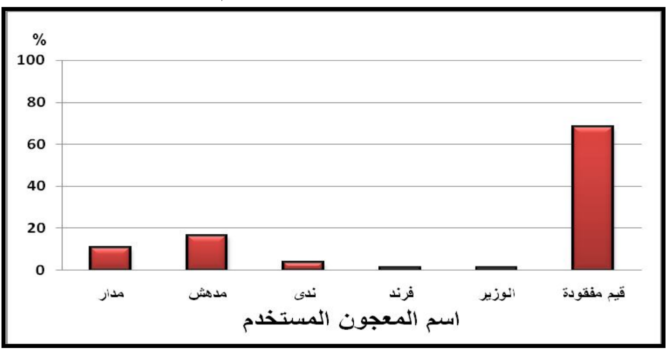
الشكل 4. توزع العينة بحسب إجمالي الإنفاق الشهري للأسرة خلال عام ٢٠١٠.

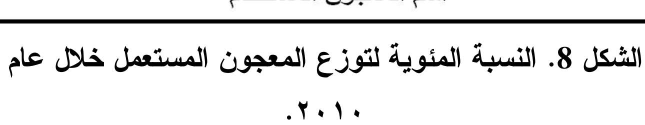


الشكل 5. توزع العينة بحسب إنفاق الأسر على المنظفات شهرياً خلال عام ٢٠١٠.

الحالة التعليمية	
1	أميّ
2	ملم
3	ابتدائية
4	إعدادية
5	ثانوية
6	معهد وما فوق
7	قيم مفقودة

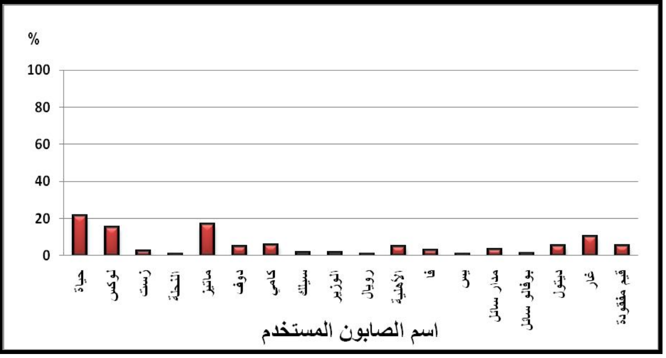
الشكل 6. توزع الإنفاق على المنظفات المستعملة بحسب الحالة التعليمية لربّ الأسرة خلال عام ٢٠١٠.



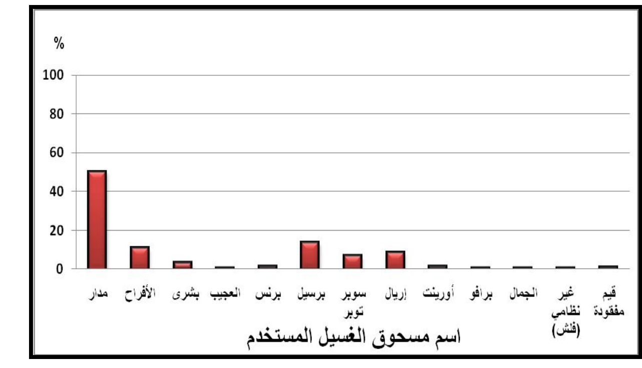


الشكل 8. النسبة المئوية لتوزع المعجون المستعمل خلال عام ٢٠١٠.

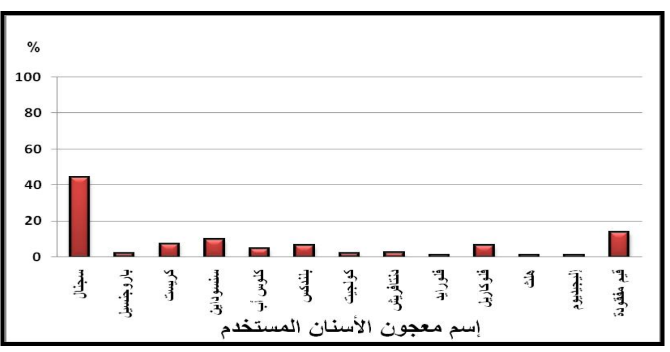
الشكل 7. النسبة المئوية لتوزع المنظف (سائل الجلي) المستعمل خلال عام ٢٠١٠.



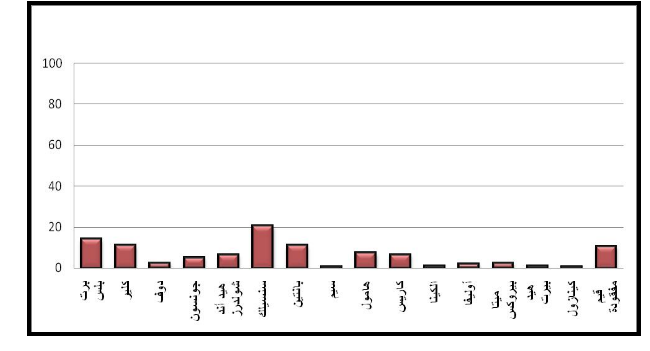
الشكل 10. النسبة المئوية لتوزع الصابون المستعمل خلال عام ٢٠١٠.



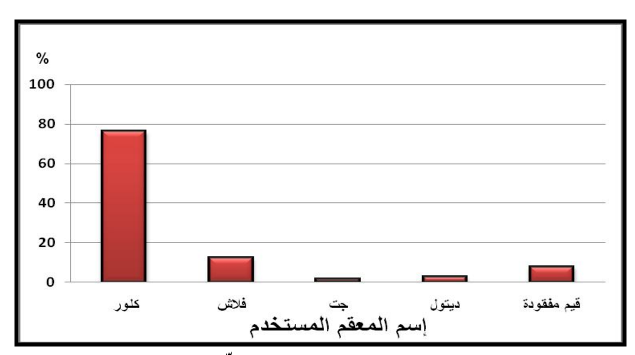
الشكل 9. النسبة المئوية لتوزع مسحوق الغسيل المستعمل خلال عام ٢٠١٠.



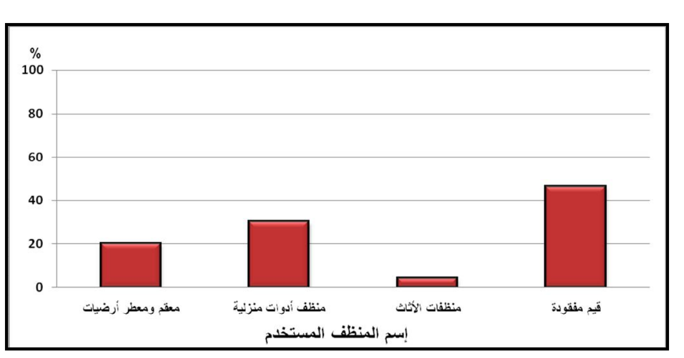
الشكل 12. النسبة المئوية لتوزع معجون الأسنان المستعمل خلال عام ٢٠١٠.



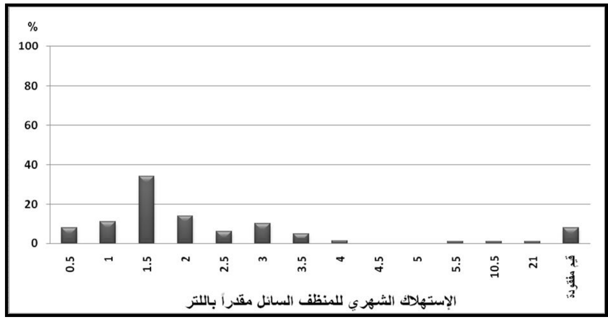
الشكل 11. النسبة المئوية لتوزع الشامبو المستعمل خلال عام ٢٠١٠



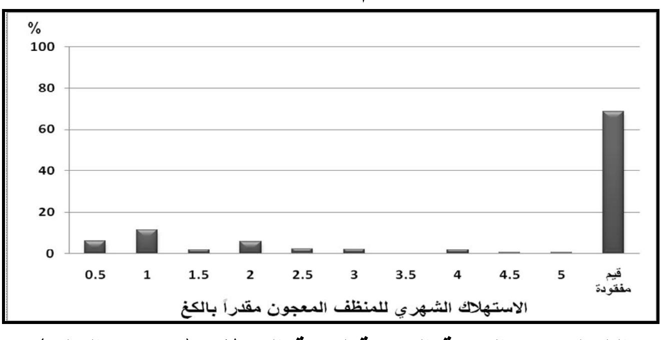
الشكل 13. النسبة المئوية لتوزع المعقّمات المستعملة خلال عام ٢٠١٠.



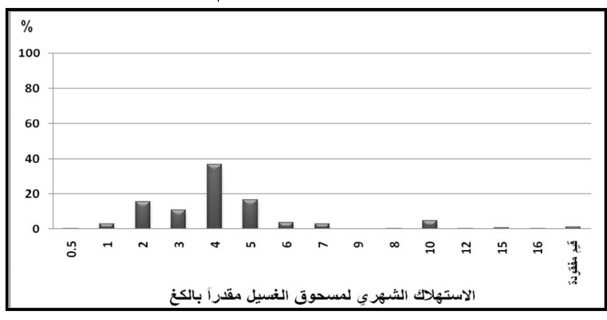
الشكل 14. النسبة المئوية لتوزع منظفات أخرى مستعملة خلال عام ٢٠١٠.



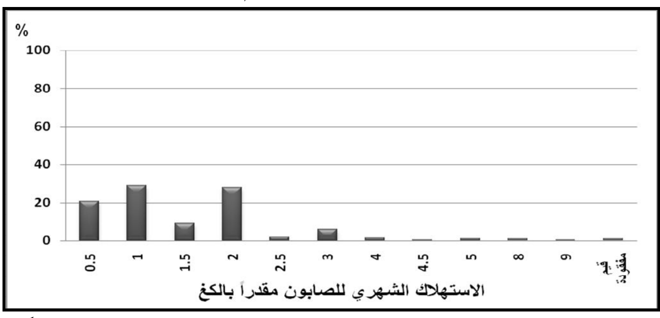
الشكل 15. النسبة المئوية لكمية المنظف (سائل الجلي) المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



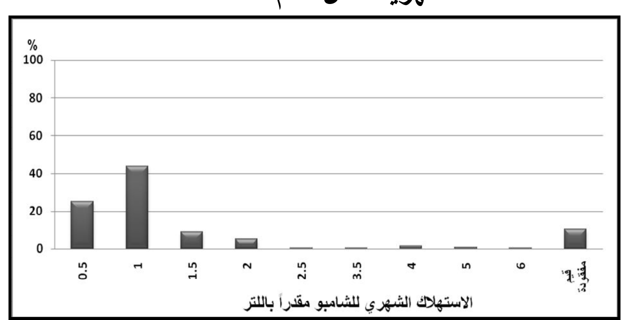
الشكل 16. النسبة المئوية لكمية المنظف (معجون الجلي) المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



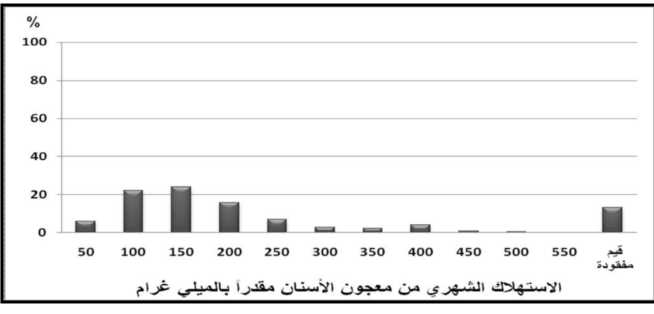
الشكل 17. النسبة المئوية لكمية مسحوق الغسيل المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



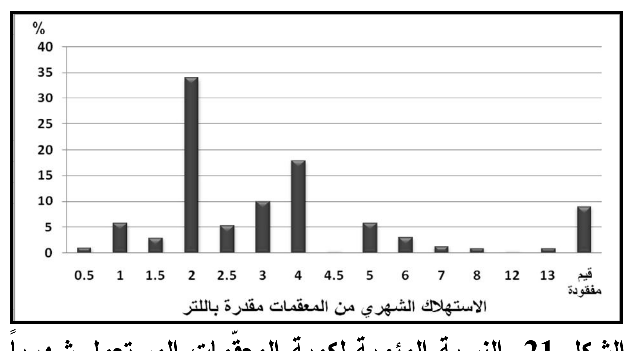
الشكل 18. النسبة المئوية لكمية الصابون المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



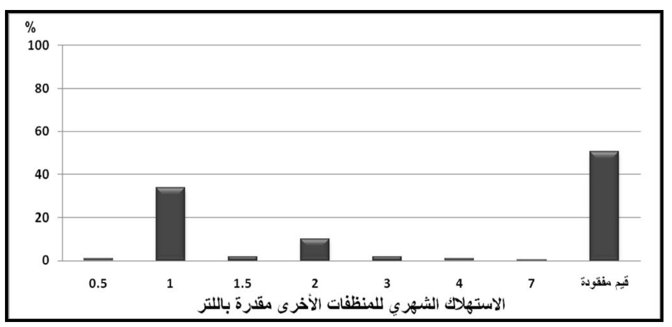
الشكل 19. النسبة المئوية لكمية الشامبو المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



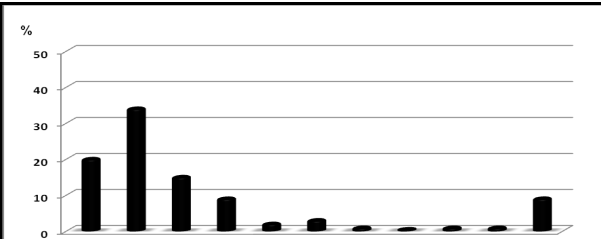
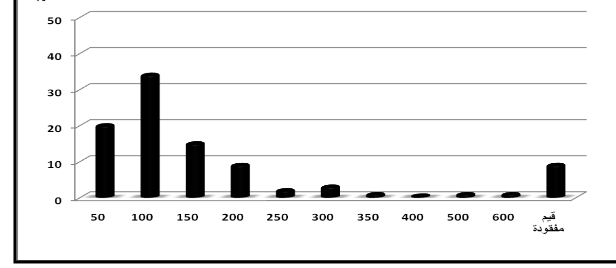
الشكل 20. النسبة المئوية لكمية معجون الأسنان المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



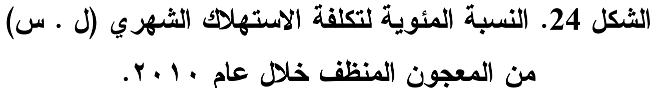
الشكل 21. النسبة المئوية لكمية المعقّمات المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



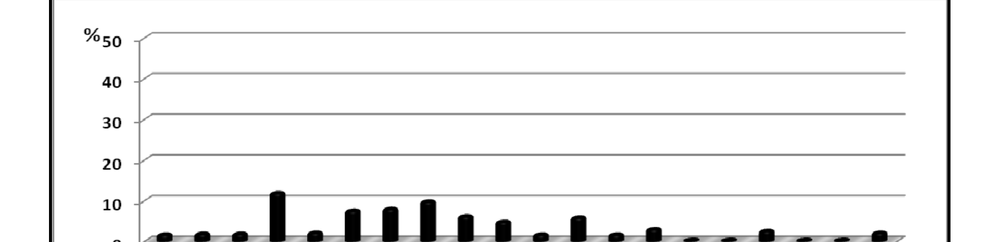
الشكل 22. النسبة المئوية لكمية المنظفات الأخرى المستعملة شهرياً خلال عام ٢٠١٠.

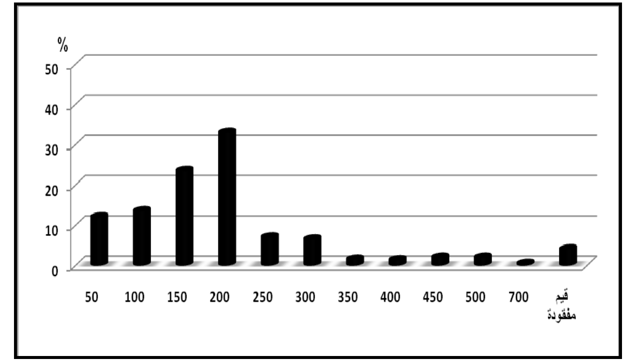
الشكل 23. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من السائل المنظف خلال عام ٢٠١٠.



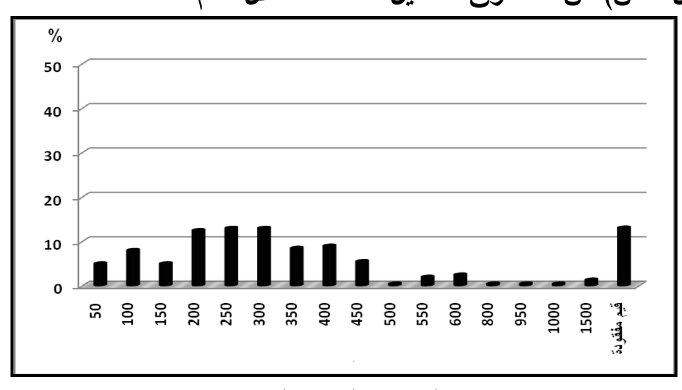
الشكل 24. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من المعجون المنظف خلال عام ٢٠١٠.



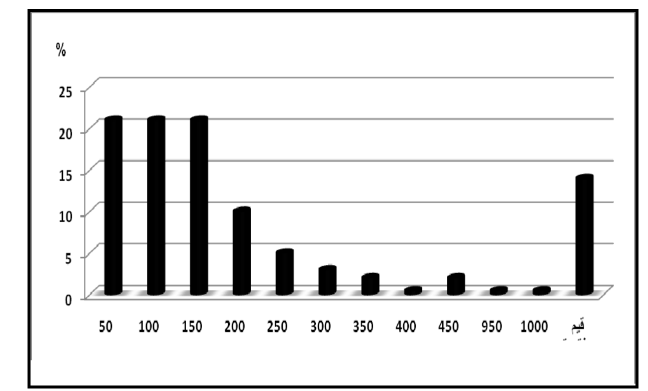
لشكل 25. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من مسحوق الغسيل المنظف خلال عام ٢٠١٠.



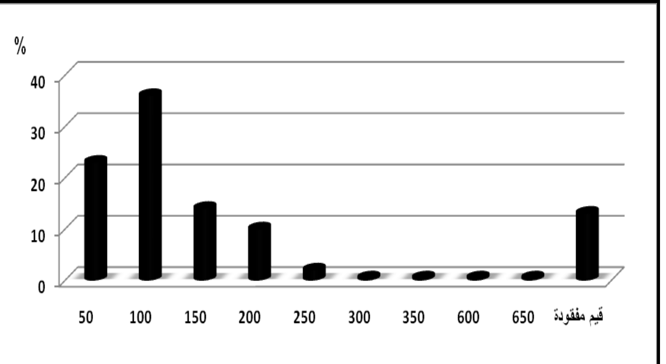
الشكل 26. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من الصابون خلال عام ٢٠١٠.



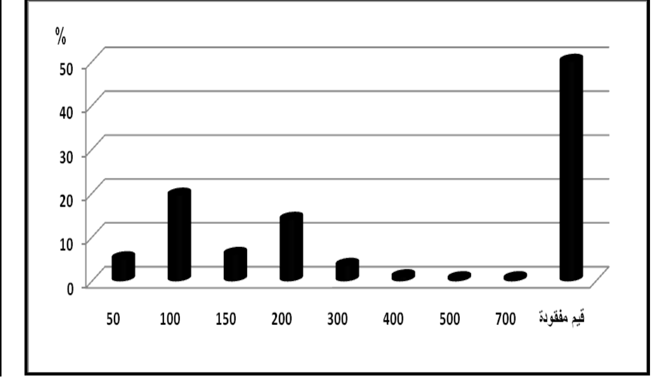
الشكل 27. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من الشامبو خلال عام ٢٠١٠.



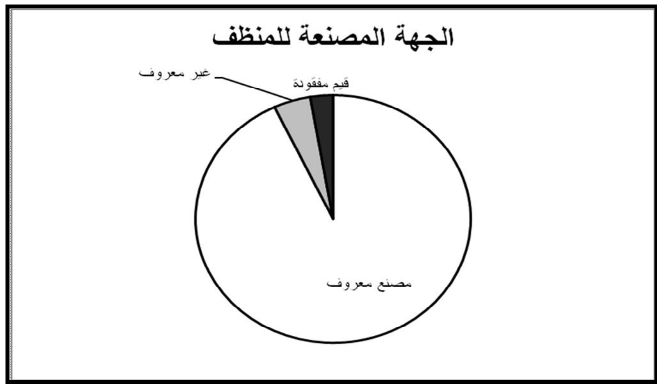
الشكل 28. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك (ل . س) من معجون الأسنان خلال عام ٢٠١٠.



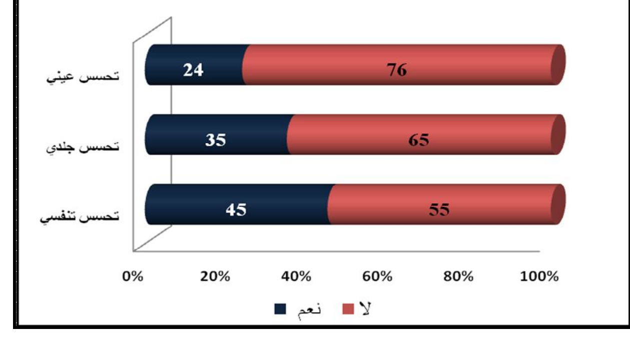
الشكل 29. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من المعقّمات خلال عام ٢٠١٠.



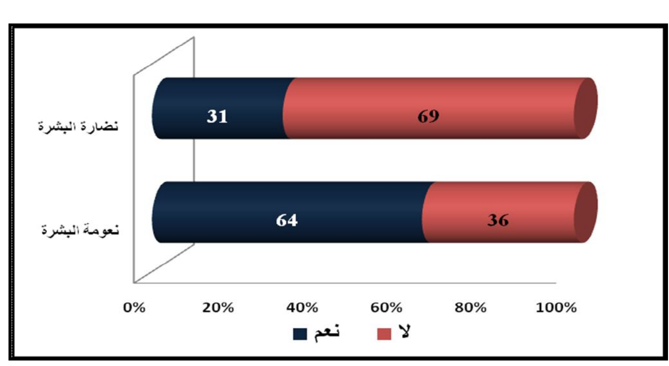
الشكل 30. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من المنظفات الأخرى خلال عام ٢٠١٠.



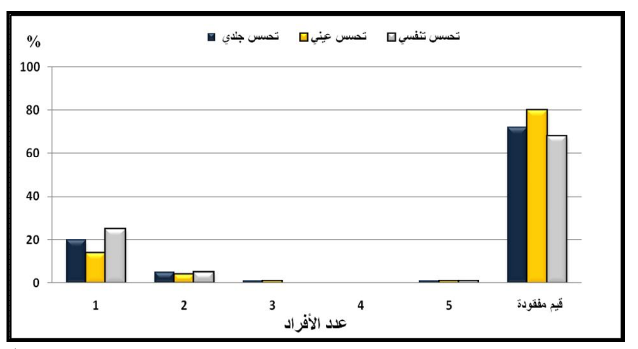
الشكل 31. الجهة المصنعة للمنظف.



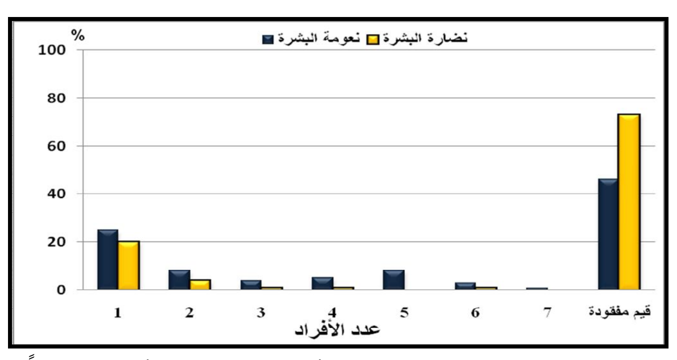
الشكل 32. النسبة المئوية لحالات التأثر السلبي خلال عام ٢٠١٠.



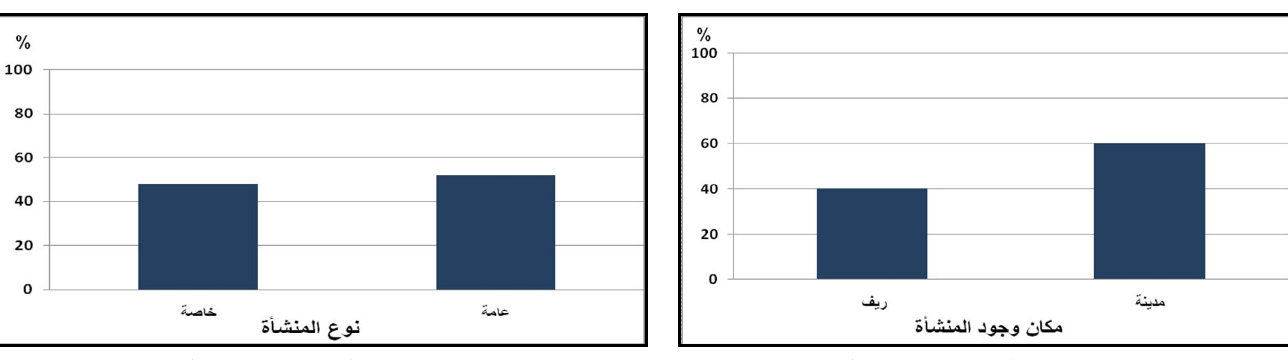
الشكل 33. النسبة المئوية لحالات التأثر الإيجابي خلال عام ٢٠١٠.



الشكل 34. النسبة المئوية لعدد أفراد الأسرة المتأثرين سلباً خلال عام ٢٠١٠.



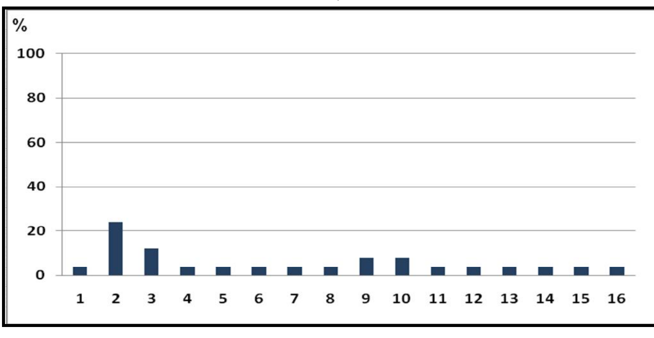
الشكل 35. النسبة المئوية لعدد أفراد الأسرة المتأثرين إيجاباً خلال عام ٢٠١٠.



الشكل ٣٦. النسبة المئوية لتوزع المنشآت بحسب مكان وجودها خلال عام ٢٠١٠.

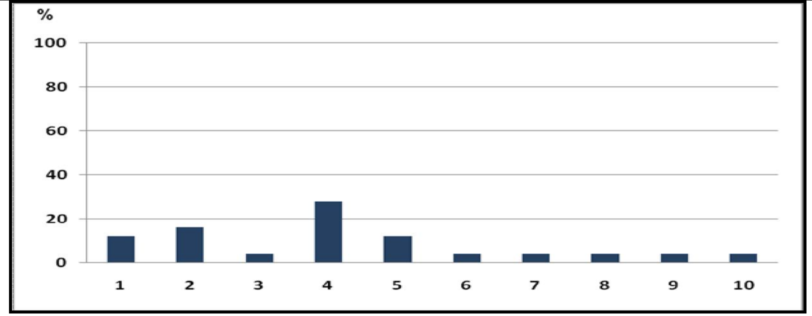
الشكل ٣٧. النسبة المئوية لتوزع المنشآت بحسب نوعها خلال عام ٢٠١٠.

الشكل ٣٨. النسبة المئوية لتوزع المنشآت بحسب طبيعة عملها خلال عام ٢٠١٠.



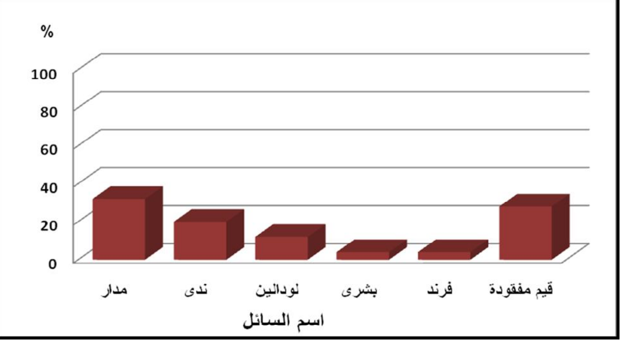
الشكل ٣٩. النسبة المئوية لتوزع المنشآت بحسب عدد العاملين خلال عام ٢٠١٠.

المجموعة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
عدد الأفراد	1	2	3	5	6	20	26	46	50	65	120	130	160	200	400	800

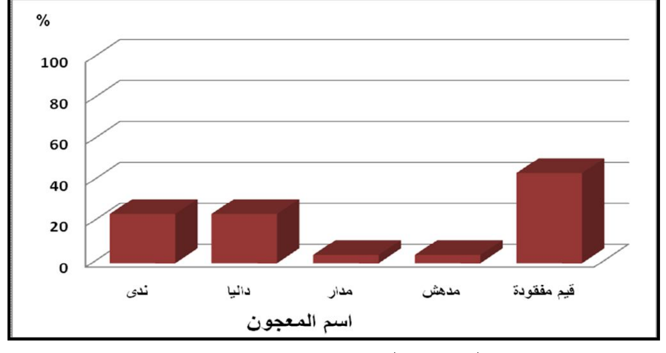


الشكل 40. النسبة المئوية لتوزع المنشآت بحسب الانفاق الشهري على المنظفات خلال عام ٢٠١٠.

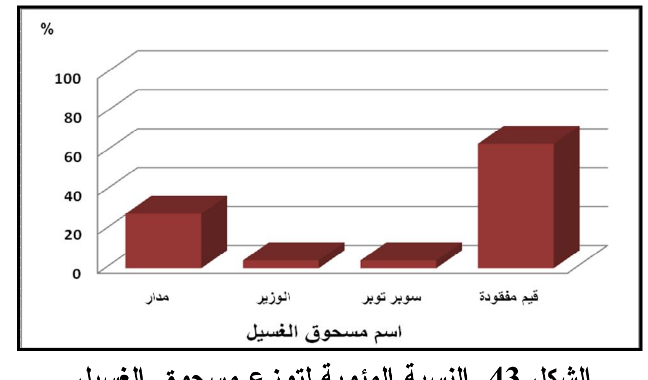
المجموعة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الانفاق	500	1000	1500	2000	3000	6000	12000	25000	40000	50000



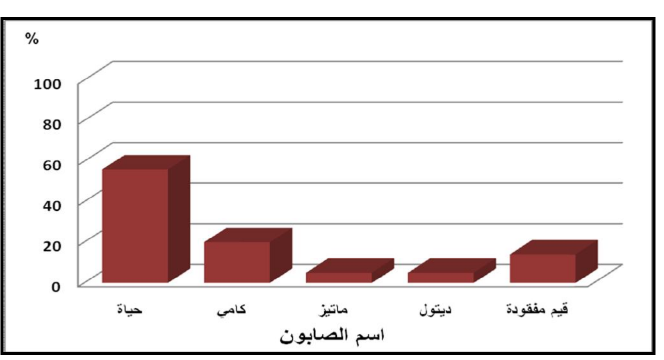
الشكل 41. النسبة المئوية لتوزع المنظف (سائل الجلي) المستعمل في المنشآت خلال عام ٢٠١٠.



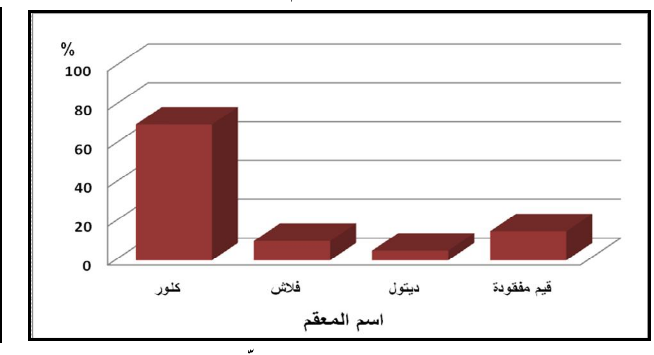
الشكل 42. النسبة المئوية لتوزع المعجون المستعمل خلال عام ٢٠١٠.



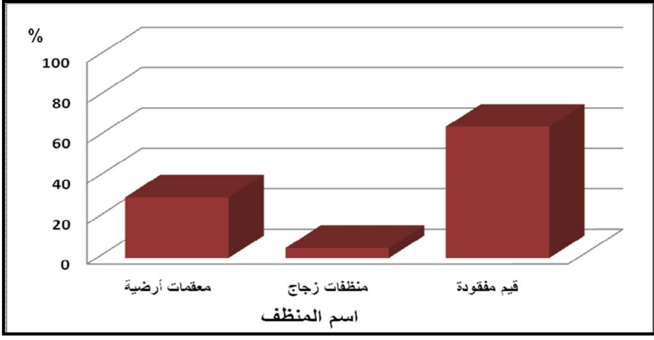
الشكل 43. النسبة المئوية لتوزع مسحوق الغسيل المستعمل خلال عام ٢٠١٠.



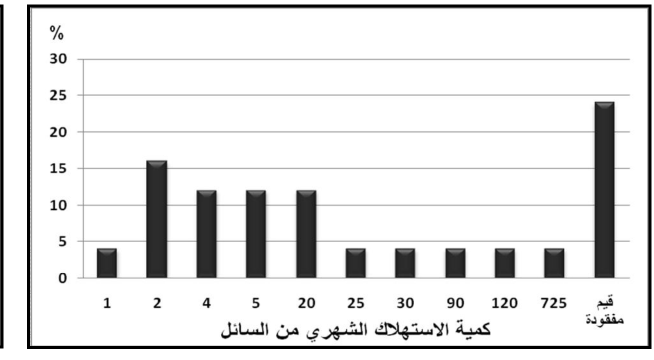
الشكل 44. النسبة المئوية لتوزع الصابون المستعمل خلال عام ٢٠١٠.



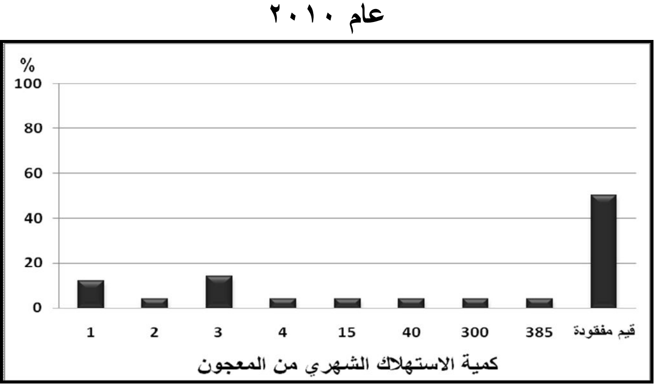
الشكل 45. النسبة المئوية لتوزع المعقّمات المستعملة خلال عام ٢٠١٠.



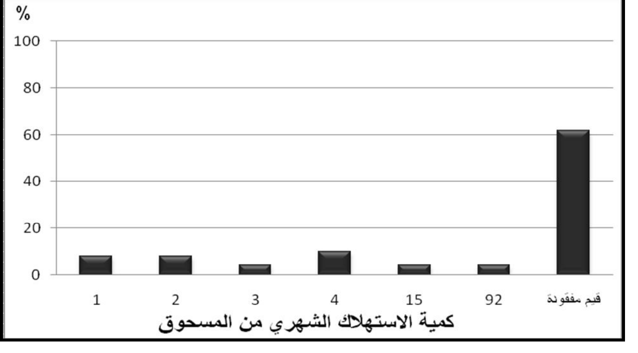
الشكل 46. النسبة المئوية لتوزع منظفات أخرى مستعملة خلال عام ٢٠١٠



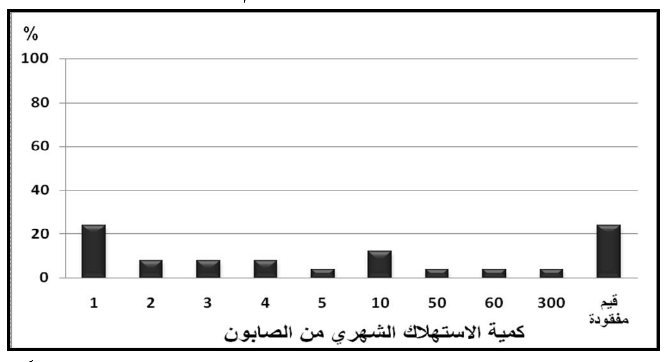
الشكل 47. النسبة المئوية لكمية المنظف (سائل الجلي) المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



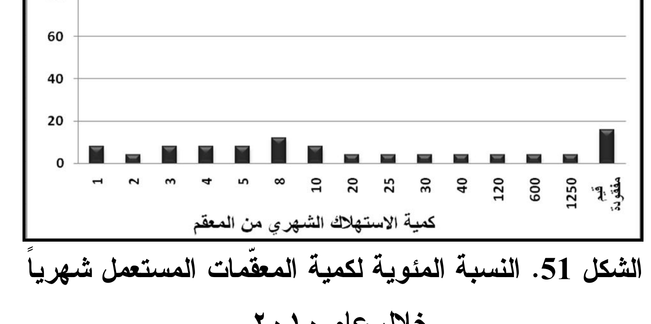
الشكل 48. النسبة المئوية لكمية المنظف (معجون الجلي) المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



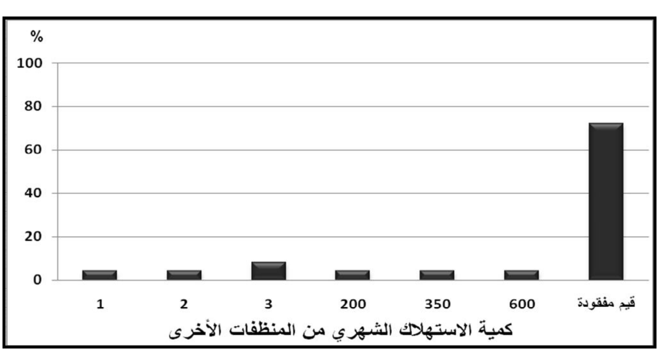
الشكل 49. النسبة المئوية لكمية المنظف (مسحوق الغسيل) المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠



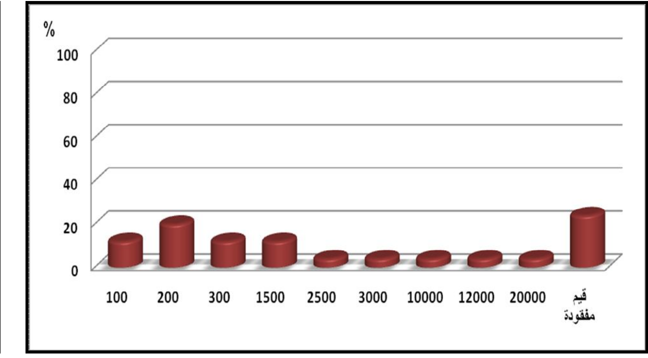
الشكل 50. النسبة المئوية لكمية الصابون المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



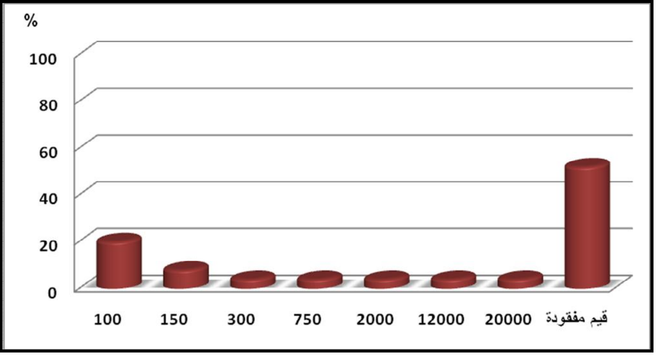
الشكل 51. النسبة المئوية لكمية المعقّمات المستعمل شهرياً خلال عام ٢٠١٠.



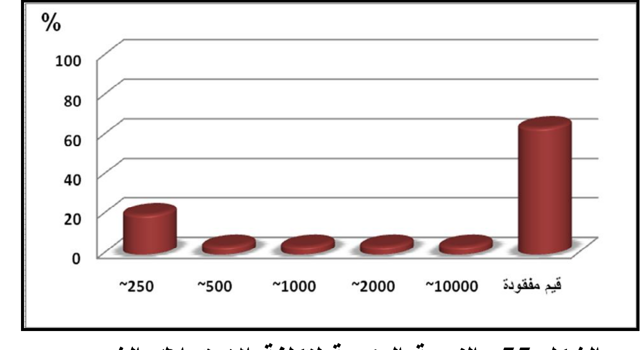
الشكل 52. النسبة المئوية لكمية المنظفات الأخرى المستعملة شهرياً خلال عام ٢٠١٠



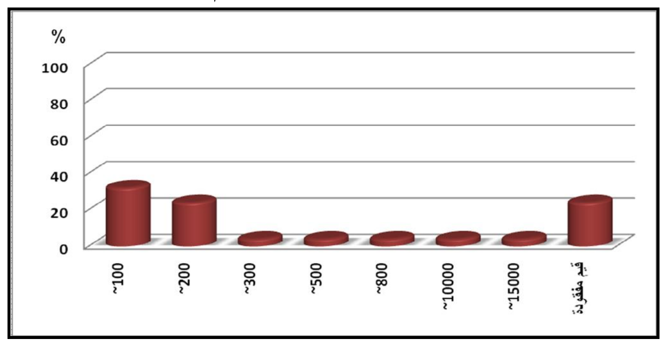
الشكل 53. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من السائل المنظف خلال عام ٢٠١٠.



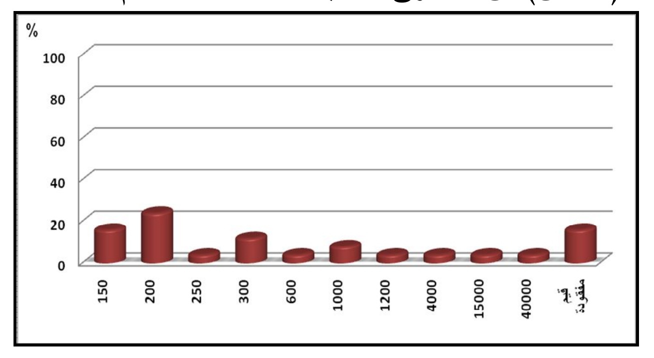
الشكل 54. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من المعجون المنظف خلال عام ٢٠١٠



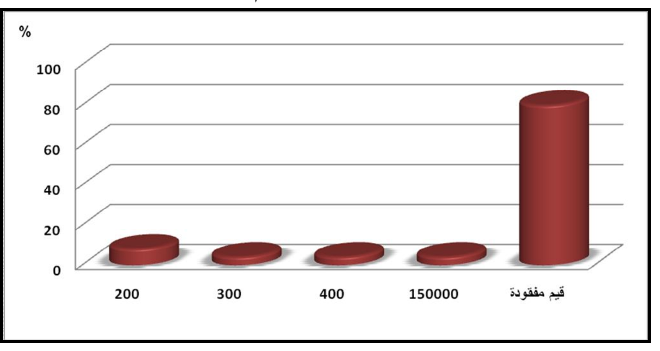
الشكل 55. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من مسحوق الغسيل المنظف خلال عام ٢٠١٠



الشكل 56. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من الصابون خلال عام ٢٠١٠.



الشكل 57. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك (ل . س) من المعقّمات خلال عام ٢٠١٠.



الشكل 58. النسبة المئوية لتكلفة الاستهلاك الشهري (ل . س) من المنظفات الأخرى خلال عام ٢٠١٠.

ملاحظة: إن المقصود بتعبير قيم مفقودة هي معلومات لم يتم ذكرها في استمارة الاستبانة أو كانت غير تامة.

المراجع

١. أبو علام، رجاء محمود. التحليل الاحصائي للبيانات باستخدام برنامج SPSS. دار النشر للجامعات، القاهرة، مصر، 2003، 394.

٢. باسيل، نجاة. منظفات الغسيل السائلة: خواص المنتجات وحالة السوق الحالية في أوروبة. الندوة الثانية للمنظفات، دمشق، سورية، 2003، 51 – 60.

٣. بشير، سعد زغلول. دليلك إلى البرنامج الإحصائي SPSS الإصدارالعاشر. المعهد العربي للتدريب والبحوث الاحصائية، بغداد، العراق، 2003، 261.

٤. هيئة التخطيط والتعاون الدولي. الفصل التاسع عشر، البيئة في الخطة الخمسية العاشرة. دمشق، سورية، 2006.

٥. ياسين، مفيد; جرعا، لمى. 2005. اقتصاديات تطبيق التقانات الحيوية في معالجة مياه الصرف الصحي. جامعة تشرين، سورية، 182.

٦. ياسين، مفيد; معروف، ابتسام; جرعا، لمى. استخدام تركيز شوارد الكبريتات للدلالة على التفكيك الحيوي لسلفونات الألكيل بنزن الخطية LAS باستخدام بعض الأحياء الدقيقة المعزولة من مياه الصرف الصحي لمدينة اللاذقية. مجلة جامعة تشرين، العلوم البيولوجية (31)، العدد الأول، 2009 (a)، 51-62.

٧. ياسين، مفيد; معروف، ابتسام; جرعا، لمى. دراسة تفكيك المنظفات (سلفات دوديسيل الصوديوم) ميكروبيولوجياً بتراكيز ودرجات حرارة مختلفة، العلوم البيولوجية (31)، العدد الثالث، 2009 (b)، 149-164.

References

1. **Abboud, M. M.; Khleifat, K. M.; Batarseh, M.; Tarawneh, K. A.; Al-Mustafa, A. & Al-Madadhah, M**. *Different optimization conditions required for enhancing the biodegradation of linear alkylbenzenesulfonate and sodium dodecyl sulfate surfactants by novel consortium of Acinetobacter calcoaceticus and Pantoea agglomerans*. Enzyme Microbiol Technol. Vol. 41, 2007, 432 - 439.
2. **Aiba, H.; Baba, T.; Fujita, K.; Hayashi, K.; Inada, T.; Isono, K.; Itoh, T.; Kasai, H.; Kimura, S.; Kitakawa, M.; Kitagawa, M.; Makino, K.; Miki, T.; Mori, H.; Mori, T.; Motomura, K.; Nakade, S.; Nakamura, Y.; Nishio, Y.; Oshima, T.; Saito, N.; Sampei, G.; Seki, Y.; Sivasundaram, S.; Tagami, H.; Takeda, J.; Takemoto, K.; Takeuchi, Y.; Wada, C.; Yamamoto, Y. & Horiuchi, T.** *A 570-kb DNA sequence of the Escherichia coli K-12 genome corresponding to the 28.0-40.1 min region on the linkage map*. DNA Res.Vol. 20, N^{o}. 3, 1996, 363-377.
3. **Akatsuka, H.; Kawai, E.; Omori, K. and Shibatani, T**. *The three genes lipB, lipC, and lipD involved in the extracellular secretion of the Serratia marcescens lipase which lacks an N-terminal signal peptide.* J Bacteriol. Vol. 177, N^{o}. 22, 1995, 6381– 6389.
4. **Alani, D. I. & Young, M.M**. *Perspectives in Biotrachnology and Applied Microbiology*. Elsevier Applied Science, 1986, 379.
5. **AL-Delamiy, K. S**. *Microbial Enzymes & Biotechnology*. Amman, Jordan. 2002, 337.
6. **Alexander, M.** *Biodegradation of Organic Chemicals of Environmental.* Concern, Science. N^{o}. 211, 1981, 132–138.
7. **Alexander, M.** *Biodegradation and Bioremediation (2nd ed.)*. Academic Press, San Diego. 1999, 99.
8. **Beatty, A. L.; Malloy, J. L. and Wright, J. R.** *Pseudomonas aeruginosa Degrades Pulmonary Surfactant and Increases Conversion In Vitro.* American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology. Vol. 32, 2005, 128-134.
9. **Arafah, Sh**. *Mediterranean Environmental Technical Assistance Program (METAP),15 years of corporations with Medal East and North Africa countries*. Tarablos algareb. Labia. 2005, 27.
10. **Baba, T.; Ara, T.; Hasegawa, M.; Takai, Y.; Okumura, Y.; Baba, M.; Datsenko, K. A.; Tomita, M.; Wanner, B. L.& Mori, H**. *Construction of Escherichia coli K-12 in-frame,single-gene knockout mutants: the Keio collection*. Mol. Syst. Biol. Vol. 20, N^{o}. 2, 2006, 2006-2008.
11. **Bagha,A.T & Holmberg, K**. *Cleavable surfactants*. Current Opinion in Colloid & Interface Science. N^{o}. 12, 2007, 81–91.
12. **Balba, M.T.; Al-Shayji, Y.; Al-Awadhi, N. & Yateem, A.**. *Isolation and characterization of biosurfactant-producing bacteria from oil-contaminated soil*. Soil and Sediment Contamination. N^{o}. 11, 2002, 41-55.

13. **Banat, I. M.; Makkar, R. S. and Cameotra, S. S.** *Potential commercial applications of microbial surfactants*. Applied Microbiology and Biotechnology. Vol. 53, No. 5, 2000, 495-508.
14. **Bandala,E.R.; Pelaez, M. A.; Salgado, M. J. and Torres, L.** *Degradation of sodium dodecyl sulphate in water using solar driven Fenton-like advanced oxidation processes.* Journal of Hazardous Materials, Vol. 151, 2007, 578-584.
15. **Bardi, L.; Mattei, A.; Steffan, S. & Marzona, M.**. *Hydrocarbon degradation by a soil microbial population with CEB2-cyclodextrin as surfactant to enhance bioavailability*. Enzyme and Microbial Technology. Vol. 27, 2000, 709-713.
16. **Barrachina, S.M.; Del Valle, M.; Matia, L.; Prats, R & Alonso, J**. *Determination of polyethoxylated non-ionic surfactants using potentiometric flow injection systems. Improvement of the detection limits employing an on-line pre-concentration stage*. Analytica Chimica Acta. N°.454, 2002, 217-227.
17. **Battersby, N.S.; Sherren, A.J.; Bumpus, R.N.; Eagle, R & Molade, I.K**. *Effect of branching on the biodegradability of alcohol-based surfactants. 5th World Surfactants Congress*, Vol. 2, 2000, 1397-1407.
18. **Bauer, H. P.; Schimmel, G. & Jurges, P**. *The evolution of detergent builders from phosphates to zeolites to silicates.* Tenside Surfact. Det, N°. **36**, 1999, 225-229.
19. **Becker,R**. *Silicon oils as antifoam, methods and tests*. 2ed Detergents Committee. Damascus. Syria. 2003, 61-74.
20. **Belanger, S.E. and Rupe, K.L.** *A flow-through laboratory microcosm suitable for assessing effects of surfactants on natural periphyton*. Environmental Toxicology and Water Quality: An International Journal. N°. 11, 1996, 65-76.
21. **Belanger, S.E.; Guckert, J.B.; Bowling, J.W.; Davidson, D.H.; LeBlanc, E.M.; Hamm, B.G.; Lee, D.M. and Walker, D.D.** *Responses of Aquatic Communities to 25-6 Alcohol Ethoxylate in Model Stream Ecosystems*. Aquatic Toxicology. N°. 48, 2000, 135-150.
22. **Belanger, S.E.; Bowling, J.W.; Lee, D.M.; LeBlanc, E.M.; Kerr, K.M. and McAvoy, D.C.** *Integration of Aquatic Fate and Ecological Responses to Linear Alkyl Benzene Sulphonate (LASS) in Model Stream Ecosystems*. Ecotoxicology and Environmental Safety. N°. 52, 2002, 150-171.
23. **Belanger, S.E.; Dorn, P.B.; Toy, R.; Boeije, G.; Marshall, S.J.; Wind,T.; Van Compernolle, R. and Zeller, D**. *Aquatic Risk Assessment of Alcohol Ethoxylates in North America and Europe*. Ecotoxicology and Environmental Safety. N°. 64, 2006, 85-99.
24. **Benincasa. M.; Abalos, A,; Oliveira, I. and Manresa, A.** *Chemical structure, surface properties and biological activities of the biosurfactant produced by Pseudomonas aeruginosa LBI from soapstock.* Antonie van Leeuwenhoek. N°. 85, 2004, 1–8.
25. **Benjdia, A.; Deho, G.; Rabot, S. & Berteau, O.** *First evidences for a third sulphatase maturation system in prokaryotes from E. coli aslB and ydeM deletion mutants***.** FEBS Lett. Vol.581, 2007, 1009-1014.
26. **Berna, J.L.; Cassani, G.; Hager, C.D.; Rehman, N.; Lopez, I.; Schowanek, D.; Steber, J.; Toeger, K. & Wind, T.** *Anaerobic Biodgradation of Surfactants-Scientific Review*. Tenside Surfactants Deterg. Vol. 44, N°. 6, **2007**, 312-347.
27. **Bester,K.; Theobald, N. & Schroder, H. Fr.** *Nonylphenol, nonylphenol-ethoxylates, linear alkylbenzenesulphonates (LASS) and bis (4-chlorophenyl)-sulphone in the German Bight of the North Sea*. Chemosphere. Vol. 45, 2001, 817–826.
28. **Bettinetti, R. & Provini, A.** *Toxicity of 4-nonylphenol to tubifex tubifex and chironomus riparius in 28-day whole-sediment tests*. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 53. N°. 1, 2002, 113-121.
29. **Bizukojc.E.L. ; Scheumann, R.; Drews, A.; Bracklow, U. and Kraume, M.** *Effect of anionic and nonionic surfactants on the kinetics of the aerobic heterotrophic biodegradation of organic matter in industrial wastewater.*Water Research. Vol. 42, 2008, 923-930.

30. **Blattner, F.R.; Plunkett, G.; Bloch, C.A.; Perna, N.T.; Burland, V.; Riley, M.; Collado-Vides, J.; Rode, C.K.; Mayhew, G.F.; Gregor, J.; Davis, N.W.; Kirkpatrick, H.A.; Goeden, M.A.; Rose, D.J.; Mau, B. & Shao, Y**. *The complete genome sequence of Escherichia coli K-12*. Science. Vol. 277, 1997, 1453-1474.
31. **Boczar, B.A.; Forney, L. J.; Begley, W. M.; Larson, R.J. and Federle, T. W.**. *Characterization and Distribution of Esterase Activity in Activated Sludge*. Water Res.Vol. 35, 2001, 4208-4216.
32. **Bodour, A. & Miller-Maie, R.M.** *Biosurfactants: types, screening methods, and applications*. Encyclopedia of environmental microbiology. NY: Wiley. 2002, 750–770.
33. **Boeije, G. M.; Schowanek, D. R. & Vanrolleghem, P.A**. *Incorporation of biofilm activity in river biodegradation modeling: a case study for Linear Alkyl Benzene Sulphonate (LAS).* Wat. Res. Vol. 34, No. 5, 2000. 1479-1486.
34. **Boonchan, S**. *Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Application of Fungal-Bacterial Co-cultures and Surfactants*. Victoria University of Technology. Melbourne, Australia. PhD Degree. 1998, 420.
35. **Boopathy, R**. *Effect of food-grade surfactant on bioremediation of explosives-contaminated soil*. Journal of Hazardous Materials. N^{o}. 92, 2002, 103–114.
36. **Brandt, K. K. ; Hesselsoe, M.; Roslev, P.; Henriksen, K. & Sorensen, J**. *Toxic effects of linear alkyl benzene sulphonates on metabolic activity, growth rate, and microcolony formation of Nitrosomonas and Nitrosospira strains*. Appl Environ Microbiol. Vol. 67, N^{o}. 6, 2001, 2489-2498.
37. **Broughton. K. S.; Floden, T. B. & Gooden, W. S.** *Effects of a laundry additive on the community structure of epidendric algae in Douglas Lake*. Deep Blue at the University of Michigan Biological Station, University of Michigan. 1998.
38. **Brunner, C.; Baumann, U.; Pletscher, E. & Eugster, M.** *Total degradation or environmental experiment?*. Tenside Surf. Det. N^{o}. 37, 2000, 276-280.
39. **Buhl, K. J. & Hamilton, S. J.** *Acute toxicity of fire-control chemicals, nitrogenous chemicals, and surfactants to rainbow trout*. Transactions of the American Fisheries Society. Vol. 129, N^{o}. 2, 2000, 408-418.
40. **Bykowski, T.; van der Ploeg, J. R.; Iwanicka-Nowicka, R. & Hryniewicz, M.M**.*The switch from inorganic to organic sulphur assimilation in Escherichia coli: adenosine 5'-phosphosulphate (APS) as a signalling molecule for sulphate excess.* Molecular Microbiology. Vol. 43, 2002, 1347-1358.
41. **Cain, R.B.**. *Biodegradation of detergents*. Current Opinion in Biotechnology. N^{o}. 5, 1994, 266-274.
42. **Cattaneo-Vietti, R.; Benatti, U.; Cerrano, C.; Giovine, M.; Tazioli, S. & Bavestrello, G.** *A marine biological underwater depuration system (MUDS) to process waste waters.* Biomol. Eng, N^{o}. 20, 2003, 291– 298.
43. **CESIO.** *European Committee of Organic Surfactants and their Intermediates. CLASssification and labelling of surfactants for human health hazards according to the Dangerous Substances Directive*. CESIO recommendations for anionic and non-ionic surfactants. CESIO Toxicology Advisory Group (CTAG), 2000, 20.
44. **CESIO**. *Comite Europeen des Agents de Surface et de Leurs Intermediaires Organiques (CESIO).* CESIO surfactants statistics for Western Europe 2007. CESIO News, 2008, 12.
45. **Cestone. A.; Di Natale, M. & De Rosa, S.** *Toxicity and biodegradation of the LASS surfactant 1-(p-sulphophenyl)nonane in presence of the ascidian Styela plicata.* Chemosphere. Vol. 71, 2008, 1440–1445.
46. **Chamarro, E. & Esplugas, S.** *Use of Fenton reagent to improve organic chemical biodegradability*. Wat. Res. Vol. 35, 2001, 1047-1051.

47. **Chang, J. S.; Radosevich, M.; Jin, Y. & Cha, D. K.** *Enhancement of phenantherne solubilization and biodegradation by trehalose lipid biosurfactants*. Environ Toxical Chem. Vol. 23, N°. 12, 2004, 2816-2822.
48. **Chapra, S. C**. *Surface Water Quality Modeling*. McGarw-Hall, New York, 1997, 844.
49. **Chaturvedi, V. & Kumar, A**. *Bacterial Utilization of Sodium Dodecyl Sulphate*. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology . Vol. 1, 2010, 1126-1131.
50. **Chen, B . Y. and Wang, H. T**. *Utility of enzymes from Fibrobacter succinogenes and Prevotella ruminicola as detergent additives.* Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. N°. 35, 2008, 923–930.
51. **CIRP.** *Final report on the safety assessment of sodium dodecyl benzene sulphonate*. Cosmetic Ingredients Review Program. Vol. 12, N°. 3. 1993.
52. **Clara.M.; Scharf, S.; Scheffknecht, C. & Gans, O**. *Occurrence of selected surfactants in untreated and treated sewage*. Water research. Vol. 41, 2007, 4339-4348.
53. **Cloves,J.M.et al**. *Specificity of P2 primary alkylsulphohydrolase induction in the detergent degrading bacterium Pseudomonas C12B*. J.Biochem. N°. 185, 1980, 23-31.
54. **Comber. M. H. I.; de Wolf, W. ; Cavalli, L.; van Egmond, R.; Steber, J.; Tattersfield, L. & Priston, R. A**. *Assessment of bioconcentration and secondary poisoning of surfactants.* Chemosphere. N°. 52, 2003, 23-32.
55. **Cook, A. M.; Laue, H. & Junker, F.** Microbial desulphonation. FEMS Microbiology Reviews. Vol. 22, 1999, 399 - 419.
56. **Cserhati, T.; Forgacs, E. & Oros, G.** *Biological activity and environmental impact of anionic surfactants*. Environ. Int, Vol. 2, N°. 28, 2002, 337–348.
57. **Daley D.O.; Rapp, M.; Granseth, E.; Melen, K.; Drew, D. & von Heijne, G.** *Global topology analysis of the Escherichia coli inner membrane proteome*. Science. N°. 308, 2005, 1321-1323.
58. **Dalborg, H. & Lange,L.***Using molecular techniques to identify new microbial biocatalysts*.Trends in biotechnology. N°. 16, 1998, 265-272.
59. **Daniels, D. L. Plunkett, G. & Blattner F. R.** *Analysis of the Escherichia coli genome: DNA sequence of the region from 84.5 to 86.5 minutes***.** Science, N°. 257, 1992, 771-778.
60. **Davis. G. A, Dickey, P. Duxbury, D. Griffith, B. Oakley, B and Cornell, K.** *Household Cleaners: Environmental Evaluation and Proposed Standards for General Purpose Household Cleaners*. Clean Products and Clean Technologies, Green Seal, Inc. Tennessee. USA. 1992, 115.
61. **Deleu, M. & Paquot, M.** *From renewable vegetables resources to microorganisms: new trends in surfactants.* Comptes Rendus Chimie. Vol. 7, 2004, 641- 646.
62. **de Lucas, A.; Rodriguez, L.; Sachez, P.; Carmona, M.; Romero, P. & Lobato, J.** Comparative study of the solubility of the crystalline layered silicates α-Na2Si2O5 and δ-Na2Si2O5 and the amorphous silicate Na2Si2O5. *Ind. Eng. Chem. Res*.Vol. 43, 2004, 1472-1477.
63. **Delvalls, T. A.; Lubian, L. M.; Foria, J.M. & Gomez-Parra, A.** *Comparative ecotoxicty of interstitial waters in littoral ecosystems using microtox and the rotifer brachionus plicatilis*. Environmental Toxicology and chemistry, Vol. 16, 1997, 2323 - 2332.
64. **Delvalls, T. A.; Foria, J.M. & Gomez-Parra, A.** *Seasonality of contamination, toxicity, and quality values in sediments from littoral ecosystem in the Gulf of Cadiz (SW Spain).* Chemosphere. Vol. 46, 2002, 1033 – 1043.
65. **Deming. J. W. & Baross . J. A**. *The early diagenesis of organic matter: bacterial activity. In: Organic Geochemistry: Principles and Applications*. Plenum Press, New York, 1993, 119-144.

66. **Denger, K.; Ruff, J.; Schleheck, D. and Cook, A. M**. *Rhodococcus opacus expresses the xsc gene to utilize taurine as a carbon source or as a nitrogen source but not as a sulphur source*. Microbiology, Vol. 150, 2004, 1859-1867.
67. **Deshpande, N. M. & Dhakephalkar, P. K.**. *Plasmid-mediated dimethoate degradation in Pseudomonas aeruginosaMCMB-427*. Letters in Applied Microbiology, N°. 33, 2001, 275-279.
68. **Dhouib, A.; Hamad, N.; Hassairi, I. & Sayadi, S**. *Degradation of anionic surfactants by Citrobacter braakii*. Process Biochemistry. Vol. 38 , 2003, 1245-1250.
69. **Di Gioia, D.; Fambrini, L.; Coppini, E.; Fava, F. and Barberio, C.** *Aggregation-based cooperation during bacterial aerobic degradation of polyethoxylated nonylphenols*. Res. Microbiol. Vol.155 , 2004, 761–769.
70. **Ding, W. H.; Tzing, S. & Lo, J.** *Occurrence and concentrations of aromatic surfactants and their degradation products in river waters of Taiwan*, Chemosphere. Vol. 38, 1999, 2597–2606.
71. **Doan, H.D.; Wu, J.; Boithi, E. & Storrar, M**. *Biological and electro chemical treatment of wastewater*. Vol. 78, No. 6, 2003, 632-641.
72. **Doll, T. E. & Frimmel, F. H.** *Removal of selected persistent organic pollutants by heterogeneous photocatalysis in water*. Catalysis Today. Vol. 101, N°. 4, 2005, 195-202.
73. **Dong, W.; Eichhorn, P.; Radajewski, S.; Schleheck, D.; Denger, K.; Knepper, T.P.; Murrell, J.C. & Cook, A.M.** *Parvibaculum lavamentivorans converts linear alkylbenzenesulphonate (LASs) surfactant to sulphophenylcarboxylates, α,β-unsaturated sulphophenylcarboxylates and sulphophenyldicarboxylates, which are degraded in communities*. J. Appl. Microbiol. Vol. 96, 2003, 630-640.
74. **Du. Z.; Feng, C.; Li,Q.; Zhao, Y. & Tai, X.** *Photodegradation of NPE-10 surfactant by Au-doped nano-TiO_2 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* Vol. 315, 2008, 254-258.
75. **Duran, N. & Esposito, E.** *Potential applications of oxidative enzymes and phenoloxidase-like compounds in wastewater and soil treatment: a review.* Applied Catalysis : Environmental. N°. 28, 2000, 83-99.
76. **Eadsforth, C. V.; Sherren, A. J.; Selby, M. A.; Toy, R.; Eckhoff, W.S.; McAvoy, D.C. & Matthijs, E.** *Monitoring of environmental fingerprints of alcohol ethoxylates in Europe and Canada*. Ecotoxicol. Environ. Saf. N°. 64, 2006, 14–29.
77. **Eichhorn , P.; Rodriguez, S. V.; Baumann, W. & Knepper, T, P.** *Incomplete degradation of linear alkylbenzene sulphonate surfactants in Brazilian surface waters and pursuit of their polar metabolites in drinking waters*. Sci. Total Environ. N°. 284 , 2002, 123–134.
78. **Ellis, A. J.; Hales, S. G.; Ur-Rehman, N. G. and White, G. F**. *Novel alkylsulphatases required for biodegradation of the branched primary alkyl sulphate surfactant 2-butyloctyl sulphate*. Appl Environ Microbiol. Vol. 68, N°. 1, 2002, 31–36.
79. **Elsgaard, L.; Petersen, S. O. & Debosz, K**. *Effects and risk as sessment of linear alkylbenzene sulphonates in agricultural soil. I. Short term effects on soil microbiology.* Environ. Toxicol. Chem. Vol. 20, N°. 8, 2001(a), 1653-1663.
80. **Elsgaard, L.; Petersen, S. O. & Debosz, K**. *Effects and risk as sessment of linear alkylbenzene sulphonates in agricultural soil. I. Effects on soil microbiology as influenced by sewage sludge and incubation time*. Environ. Toxicol. Chem. Vol. 20, N°. 8, 2001(b), 1664-1672.
81. **Enichem Augusta Ind**. Benzene C10-13 Alkyl derivs. *Hedset Data Sheet*, CAS-No. N°. 6774, 2001, 74 - 77.
82. **Ensley, B. D.**. *Designing pathways for environmental purposes*. Current Opinion in Biotechnology. N°. 5, 1994, 247-248.
83. Environmental Protection Agency **EPA**. *Acitizen's guide to bioremediation*. 1996. *Available online*.(http://www.clu-in.org /download/remed/biorem.pdf.)

84. **ESCWA**. *Updating the Assessment of Water Resources in ESCWA Member Countries*. 2003, 43.
85. **ESCWA**. *ESCWA Water Development Report 2005*. 2005 (a), 37.
86. **ESCWA**. *Formulate and implement national strategies for the application of Integrated Water Resources Management (IWRM) plans in Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA)*. 2005(b), 94.
87. **ESCWA**. *Water Resources Issues in The Western Asia Region*. Regional Preparatory Meeting for "The 4th, 2005 (c), 33.
88. **ESCWA**. *Assessing Water Quality Management in the ESCWA region*. 2007, 96.
89. **Espinoza Rodezno, L. A**. *Biological treatment of industrial wastewater containing high concentrations of Linear Alkyl benzene Sulphonate (LASs)*. (Ph.M) Degree of Master of Science in Civil Engineering. B.S. Universidad Nacional Autonoma de Honduras. 2004, 136.
90. **Fang, M.; Wan, C.K. & Wang, J. W. C.** *Enhancement of PAHs degradation by nonionic surfactants in composting*. Ex Situ Biological Treatment Technologies, Battelle Press, Columbus, OH. 2001, 75–80.
91. **Federle, T. W. and Itrich, N. R**. *Fate of free and linear alcohol-ethoxylate-derived fatty alcohols in activated sludge*. Ecotoxicology and Environmental Safety. N°. 64, 2006, 30 – 41.
92. **Ferani , M**. *Zeolite vs Sodium tripolyphosphate*. Second Committee of Detergents. Damascus, Syria. 2003, 165-176.
93. **Farzaneh, H.; Fereidon, M.; Noor, A. and Naser, G.** *Biodegradation of dodecylbenzene solfonate sodium by Stenotrophomonas maltophilia Biofilm*. African Journal of Biotechnology Vol. 9, N°. 1, 2010, 55 - 62.
94. **Field, J. A.** *Limits of anaerobic biodegradation*. Water Science and Technology. Vol. 45, N°. 10, 2002, 9 – 18.
95. **Filipkowska, Z.** *Sanitary and bacteriological aspects of sewage treatment*. Acta microbial.Vol. 52, 2003, 57- 66.
96. **Fransman, M.** *Biotechnology: Generation, Diffusion and Policy*. United Nations University. 1992, 93.
97. **Franzetti, A.; Di Gennaro, P.; Bestetti, G.; Lasagni, M.; Pitea, D. & Collina, E.**. *Selection of surfactants for enhancing diesel hydrocarbons-contaminated media bioremediation*. Journal of Hazardous Materials, Vol. 152, 2008, 1309-1316.
98. **Fromel, T. & Knepper,T. P.** *Mass spectrometry as an indispensable tool for studies of biodegradation of surfactants*. Trends in Analytical Chemistry, Vol. 27, N°. 11, 2008, 1091-1107.
99. **Gadler, P. and Faber, K**. *New enzymes for biotransformations: microbial alkyl sulphatases displaying stereo- and enantioselectivity*. Trends in Biotechnology. Vol. 25, N°. 2, 2007(a), 83-88.
100. **Gadler, P. and Faber, K**. *Highly Enantioselective Biohydrolysis of sec-Alkyl Sulphate Esters with Inversion of Configuration Catalysed by Pseudomonas spp*. European Journal of Organic Chemistry. N°. 33, 2007(b), 5527 – 5530.
101. **Garcia-Luque.E.; Gonzalez-Mazo, E.; Forja, J. M. and Gomez- Parra, A.** *Use of dynamic simulation to assess the behavior of linear alkyl benzene sulfonates and their biodegradation intermediates (sulfo phenyl carboxylic acids) in estuaries*. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 81, 2009, 353-358.
102. **Garcia. T. M.; Campos, E. & Robosa, I**. *Biodegradability and ecotoxicity of amine oxide based surfactants*. Chemosphere. Vol. 69, 2007, 1574-1578.
103. **Garcia, M. T.; Campos, E.; Marsal, A. & Robosa,I**. *Fate and effects of amphoteric surfactants in the aquatic environment.* Environ. Int. Vol .34, 2008, 1001-1005.
104. **Garcia, M. T.; Campos, E.; Marsal, A & Robosa, I.** *Biodegradability and toxicity of sulphonatebased surfactants in aerobic and anaerobic aquatic environments*. Wat. Res. Vol. 43, N°. 2, 2009, 295-302.

105. **Gerson. D. F.** *Biosurfactants*. Marcel Dekker, New York, 1993, 269–286.
106. **Giangrande, A.; Cavallo, M.; Licciano, E.; Mola, C. & Pierri, L.** *Utilization of filter feeder polychaete Sabella spallanzanii Gmelin (Sabellidae) as bioremediator in aquaculture.* Aquacult. Int. N^o. 13, 2005, 129 –136.
107. **Giger, W. & Alder, A. C.** *Sediments-Archives of detergents*. EAWAG news, N^o. 52, 2002, 10-11.
108. **Gilbert, P. A. & Pettigrew, R.** *Surfactants and the environment*. International Journal of Cosmetic Science. Vol. 6, 2007, 149 – 158.
109. **Giolando, S.; Rapaport, R. A.; Larson, R. J. & Federle, T. W**. *Environmental fate and effects of DEEDMAC: a new rapidly biodegradable cationic surfactant for use in fabric softeners.* Chemosphere, Vol. 30, N^o. 6, 1995, 1067-1083.
110. **Gledhill, W. E.; Saeger, V. W. and Trehy, M. L.** *An Aquatic Environmental Safety Assessment of Linear Alkyl benzene*. Env. Tox. and Chem. N^o. 10, 1991, 169 – 178.
111. **Glockner, F.O.; Kube, M.; Bauer, M.; Teeling, H.; Lombardot, T.; Ludwig, W.; Gade, D.; Beck, A.; Borzym, K.; Heitmann, K.; Rabus, R.; Schlesner, H.; Amann, R. and Reinhardt, R.** . *Complete genome sequence of the marine planctomycete* Pirellula *sp. strain 1*. Proc. Natl. Acad. Sci.. Vol. 100, N^o. 14, 2003, 8298-8303.
112. **Gloxhuber, C & Kunstler, K.** Anionic surfactants: Biochemistry, Toxicology, Dermatology. 2.ed., Vol. 43. Marcel Dekker, Inc., New York, United States. 1992.
113. **Grimaux, J. M.** *Fragrances of detergents*. Second Committee of Detergents. Damascus, Syria. 2003, 97-102.
114. **Gron,C.;** Laturnus, F.; Mortensen, G. K.; Egsgaard, H.; Samsoe-Petersen, L.; Ambus, P. and Jensen, E. S. *Plant uptake of LAS and DEHP from sludge amended soil*. American Chemical Society. N^o. 772, 2001, 99-111.
115. **Guerjen, H**. *New builders compounds for powder detergents, Henkel, Dusseldorf, Germany*. Second Committee of Detergents. Damascus, Syria. 2003, 143-152.
116. **Guo Ying, G**. *Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment*. Environment International, Vol. 32, 2006, 417-431.
117. **Haba E.; Pinazo, A.; Jauregui, O.; Espuny, M. J.; Infante, M. R. & Manresa, A.**. *Physicochemical characterization and antimicrobial properties of rhamnolipids produced by Pseudomonas aeruginosa 47T2 NCBIM 40044*. Biotechnol. Bioeng. N^o. 81, 2003, 316–322.
118. **Hackign, A. J.** *Economic aspects of biotechnology*. Cambridge studie in biotechnology .UK. 1986**,** 306.
119. **Hadibarata, T**. *Oxidative Degradation of Benzo[a]pyrene by the Ligninolytic Fungi.* Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry-Environmental Research in Asia. 2009, 309-316.
120. **Hagelueken, G.; Adams, T. M.; Wiehlmann, L.; Widow, U.; Kolmar, H.; Tummler, B.; Heinz, D. W. and Schubert, W. D.**. *The crystal structure of SDSsA1, an alkylsulphatase from Pseudomonas aeruginosa, defines a third cLASss of sulphatases*. Proc. Natl. Acad. Sci. Vol. 103, 2006, 7631–7636.
121. **Hager. C. D.** *Tensidische Reinigungsmittel für die Food- und Nonfoodindustrie*. Tenside Surf. Det. N^o. 36, 1999, 334-339.
122. **Hager, C. D.** *CESIO Surfactants' Statistics*. In CESIO news, 2008, 10.
123. **Haigh, M.D.F. & James.C.P**. *Water and Environmental Management, design and construction of works.*" Ellis Harwood Limited, U.K. 1991. 581.
124. **Hall, Ch.; Brachat, S. and Dietrich, F. S**. *Contribution of Horizontal Gene Transfer to the Evolution of Saccharomyces cerevisiae.* Eukaryot Cell.Vol. 4, N^o.6, 2005, 1102-15.
125. **Hall,Ch.; Brachat, S. and Dietrich, F.S**. *The Contribution of Horizontal Gene Transfer to the Evolution of Fungi.* (Ph.D) Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Molecular Genetics and Microbiology in the Graduate School of Duke University. USA. 2007, 163.

126. **Hargreaves, T. & Hargreaves, A. E**. *Chemical formulation: an overview of surfactant-based preparations used in Everyday Life*. Royal Society of Chemistry. 2003, 180.
127. **Harvey, P. J. & Thurston, C. F.** *Fungi in Bioremediation*. Cambridge University Press, Cambridge. 2001, 500.
128. **Harwell, J. H.; Sabatini D.A. & Knox, R. C.** *Surfactants for ground water remediation.* Colloids Surf. N°. 151, 1999, 255–268.
129. **Hauthal. H. G**. *CESIO 2004 – Dynamic Surfactants and Nanostructured Surfaces for an Innovative Industry. 6TH World Surfactants Congress*. SOFW Journal, English version, Vol. 130, N°. 10, 2004, 1-17.
130. **Hayashi, K.; Morooka, N.; Yamamoto, Y.; Fujita, K.; Isono, K.; Choi, S.; Ohtsubo, E.; Baba, T.; Wanner, B. L.; Mori, H. & Horiuchi, T**. *Highly accurate genome sequences of Escherichia coli K-12 strains MG1655 and W3110*. Mol. Syst. Biol. Vol. 20, N°. 2, 2006, 1 - 5.
131. **Hellberg, P.E.; Bergstrom, K. & Holmberg, K.** *Cleavable surfactants*. J Surfactants Deterg. N°. 3, 2000, 81–91.
132. **Heller. H. J.** *Tenside in der Umwelt - von der Vergangenheit in die Zukunft.* Tenside Surf. Det. N°. 21, 1984, 281-291.
133. **Hemminger. P**. *Bioremediation of contaminated soils*. Biocycle Journal. Vol. 46, N°. 8, 2005, 35.
134. **Hera** report on AS. 2002. *Available online* (http://www.heraproject.com/files/HERA).
135. **HIMEDIA**. *The HiMedia Manual for Microbiology Laboratory practice*.1998, 524.
136. **Holmberg, K.; Josson, B.; Kronberg, B. & Lindman, B.** *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution 2nd Edition*, Culinary and Hospitality Industry Publications Services, 1992, 545.
137. **Holt, J. G. & Krieg, N. R. S.** *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 9th ed.,* Williams and Wilkins, Baltimore, U.S.A, 1994, 816.
138. **Horan, N. J**. *Biological Waste Water Treatment Systems: Theory and Operation.* John Wiley & Sons Ltd. England, 1991, 223-230.
139. **Hosseini, F.; Malekzadeh, F.; Amirmozafari, N. & Ghaemi, N.** *Biodegradation of anionic surfactants by isolated bacteria from activated sludge.* International Journal of Environmental Science and Technology*,* Vol. 4, N°. 1, 2007, 127-132.
140. **Hoque, M. A.;Aravinthan, V. and Porter, M**. *Respirometric and Titrimetric Techniques for monitoring Aerobic Biodegradation of Surfactant*. University of Southern Queensland (USQ), Australia. *Available online.* www. usq.edu.au
141. **Huls - Bericht** Report N°. 143. *Prufung auf hautsensibilisierende Wirkung am Meerschweinchen von Marlican*. 1983.
142. **Husain, S**. *Effect of surfactants on pyrene degradation by Pseudomonas fluorescens 29L.* World J Microbiol Biotechnol. Vol .24, 2008, 2411–2419.
143. **Ikehata, K. & Gamal El-Din, M**. *Degradation of recalcitrant surfactants in wastewater by ozonation and advanced oxidation processes: A review.* Ozone: Science and Engineering. Vol .26. N°. 4, 2004, 327-343.
144. International Programme on Chemical Safety **IPCS**. *Linear alkylbenzene sulphonates and related compounds. Environmental Health Criteria 169*. World Health Organization, Geneva, Schwitzerland. 1996
145. **Isobe, H. & Takada, H**. *Determination of degradation products of alkylphenol polyethoxylates in municipal wastewaters and rivers in Tokyo*, Japan. Environ. Toxicol. Chem. Vol. 23, 2004, 599 – 605.
146. **Itrich, N. R. &Federle, T. W**. *Effect of ethoxylate number and alkyl chain length on the pahway and kinetics of linear alcohol ethoxylate biodegradation in activated sludge*. Environ. Toxicol. Chem. Vol. 23, 2004, 2790–2798.

147. **IUCLID**. *International Uniform Chemical Information Database, Public data on high volume chemicals*. Year 2000 edition, Joint Research Centre, European Chemicals Bureau. Ispra, Italy. 2000, 59.
148. **Janosh, K.** *Detergent-induced cell aggregation in subpopulations of Pseudomonas aeruginosa as a preadaptive survival strategy*. Enviro, Micro.Vol. 9, N°. 9, 2007, 2247-2259.
149. **Jensen, J.; Lokke, H.; Holmstrup, M.; Krogh, P. H. & Elsgaard, L**. Effect and risk assessment of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LASs) in agricultural soils. V. Risk Assessment of LASs in sludge amended soils. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 20, N°. 8. 2001, 1690-1697.
150. **Jensen, G**. *Are amylasse and lipase important in detergents*?. *Second Committee of Detergents.* Damascus, Syria, 2003, 109-126.
151. **Jerabkova, H.; Kralova, B.; Krejè, V.; Sanchez, J. L. I. and Roig, M. G.** *Use of polyurethane foam for the biodegradation of n-alkane by immobilised cells of Pseudomonas.* Biotechnology Techniques. N°. 11, 1997, 391-394.
152. **Jerabkova, H.; Blanka, K. and Nahlik, J**. *Biofilm of Pseudomonas C12B on glass support as catalytic agent for continuous SDSs removal*. International Biodeterioration &Biodegradation. N°. 44, 1999, 233-241.
153. **Jeworski, M. and Heinzle, E**. *Combined chemical-biological treatment of wastewater containing refractory pollutants*. Biotechnology Annual Review, Vol. 6, 2000, 163-196.
154. **Jin Kim, S.; Choi, D. H.; Sim, D. S. and Oh, Y. S**. *Evaluation of bioremediation effectiveness on crude oil-contaminated sand*. *Chemosphere*. Vol. 59 , 2005, 845–852.
155. **Johnson. S. J.; Barry, D. A.; Christofi, N. and Patel, D.**.*Potential for anaerobic biodegradation of linear alkyl benzene cable oils: Literature review and preliminary investigation*. Land Contam.Reclam, N°. 9, 2001, 269-291.
156. **Jonkers, N.; Laane, R. W. P, M. & De Voogt, P.** *Fate of nonylphenol ethoxylates and their metabolites in two Dutch estuaries: evidence of biodegradation in the field*. Environ. Sci. Technol. N°. 37, 2003, 321– 327.
157. **Jonkers,N.; Laane, R. W. & De Voogt, P.** *Sources and fate of nonylphenol ethoxylates and their metabolites in the Dutch coastal zone of the North Sea*. Mar. Chem. N°. 96, 2005, 115 – 135.
158. **Jovcic, B.; Begovic, J.; Lozo, J.; Topisirovic, L. and Kojic, M.** *Dynamics of sodium dodecyl sulphate utilization and antibiotic susceptibility of strain Pseudomonas sp* A TCC19151. *Arch. Biol. Sci.* Vol. 61, N°. 2, 2009, 159-164.
159. **Jun Wang. X.; Song, Y. & Mai, J. S.** *Combined Fenton oxidation and aerobic biological processes for treating a surfactant wastewater containing abundant sulphate*. Journal of Hazardous Materials. 2008, 102-117.
160. **Kaczorek, E.; Chrzanowski, L.; Pijanowska, A. and Olszanowski, A.** *Yeast and bacteria cell hydrophobicity and hydrocarbon biodegradation in the presence of natural surfactants: Rhamnolipides and saponins*. Bioresource .Technology. Vol. 99, 2007, 4285 – 4291.
161. **Kahnert, A. & Kertesz, M, A**. *Characterization of a Sulphur-regulated Oxygenative Alkylsulphatase from Pseudomonas putida S-313*. The Journal of Biological Chemistry. Vol. 275, N°. 41, 2000, 31661–31667.
162. **Kasching, J**. *Fluorescent Bleaching compounds in detergents***.** Second Committee of Detergents. Damascus, Syria. 2003, 75 - 96.
163. **Kertesz, M.A.; Schmidt-Larbig, K. & Wuest, T.** *A novel reduced flavin mononucleotide-dependent methanesulphonate sulphonatase encoded by the sulphur-regulated msu operon of Pseudomonas aeruginosa.* J. Bacteriol. Vol. 181, 1999, 1464 –1473
164. **Khleifat, K. M**. *Biodegradation of linear alkylbenzene sulphonates by a tow-member facultative anaerobic bacterial consortium*. Enzyme and Microbial Technology Vol. 39, N°. 5, 2006, 1030-1035.

165. **Kim, I. S. Park. J. & Kim, K**. *Enhanced biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbon using nonionic surfactants in soil slurry*. Appl. Geochem. N^o. 16 , 2001, 1419 – 1428.
166. **Kimerle, R. A**. *Aquatic and Terrestrial Ecotoxicology of Linear Alkylbenzene Sulphonate.* Tenside Surf. Det. Vol. 26, N^o. 2, 1989, 169-175.
167. **Kirk, O.; Borchert, T. V. and Fuglsang, C. C**. *Industrial enzyme applications*. Current Opinion in Biotechnology. N^o. 13, 2002, 345-351.
168. **Kitagawa, M.; Ara, T.; Arifuzzaman, M.; Ioka-Nakamichi, T.; Inamoto, E.; Toyonaga, H. and Mori, H.** *Complete set of ORF clones of Escherichia coli ASKA library (A Complete Set of E. coli K-12 ORF Archive): Unique Resources for Biological Research*. DNA Res, N^o. 12, 2005, 291-299.
169. **Klebensberger, J.; Lautenchlager, K.; Bressler, D. & Wingender. J**. *Detergent-induced cell aggregation in subpopulations of Pseudomonas aeruginosa as a preadaptive survival strategy*. Environmental Microbiology. Vol. 9, N^o. 9, 2007, 2247-2259.
170. **Klein, J.** *Possibilities, limits, and future developments of soil bioremediation. In: Rehm, H.J., Reed, G. (Eds.), Environmental processes II*. Soil Decontamination, Biotechnology, Vol. 11, 2nd Edition. Wiley-VCH, Weinheim, FRG, 2000, 465–476.
171. **Kosaric. N**. *Biosurfactants for Soil Bioremediation*. Food Technol. Biotechnol. Vol. 39, N^o. 4, 2001, 295–304.
172. **Kusk, O. & Petersen. S**. *Acute and chronic toxicity of tributyltin and linear alkylbenzene sulphonate to the marine copepod Acartia tonsa*. Environ. Toxicol. Chem. Vol. 11, 1997, 1629-1633.
173. **Lang, S. & Wagner, F.** *Biosurfactants*. Surfactants Scien*ce* series, Vol. 48, 1993, 251 - 268.
174. **Lara-Martin, P. A.; Petrovic, M.; Gomez-Parra, A.; Barcelo, D. & Gonzalez-Mazo, E.** *Presence of surfactants and their degradation intermediates in sediment cores and grabs from the Cadiz Bay area*. Environ. Poll. N^o. 144, 2006, 483 – 491.
175. **Lara-Martin, P. A.; Gomez-Parra, A. & Gonzalez-Mazo, E.** *Sources, transport and reactivity of anionic and non-ionic surfactants in several aquatic ecosystems in SW Spain: A comparative study*. Environmental Pollution. 2008, *Available online* 4 March 2008.
176. **Lara-Martin, P. A. Gmez-Parra, A.; Luis Sanz, J. L. and Gonzlez-Mazo, E.** *Anaerobic Degradation Pathway of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LASs) in Sulphate-Reducing Marine Sediments*. Environ. Sci. Technol. Vol. 44, N^o. 5, 2010, 1670–1676.
177. **Larson, R. J.; Rothgeb, T. M.; Shimp, R. J.; Ward, T. E. and Ventullo, R. M**.. *Kinetics and practical significance of biodegradation of linear alkylbenzene sulphonate in the environment*. The CLER review. N^o. 1, 1993, 4-19.
178. **Leahy. J. G. & Colwell. R.** *Microbial degradation of hydrocarbons in the environment.* Micro-biol. Rev. N^o. 54, 1990, 305 - 315.
179. **Leon, V. M.; Saez, M.; Gonzalez-Mazo, E. & Gomez-Parra, A.** *Occurrence and distribution of linear alkylbenzene sulphonates and sulphophenylcarboxylic acids in several Iberian littoral ecosystems*. Sci. Total Environ. N^o. 288, 2002, 215–226.
180. **Lewis, P. A. & Horning. W. B**. *Differences in acute toxicity test results of three reference toxicants on Daphnia at two temperatures*. Environ. Toxicol. Chem. Vol. 10, 1991, 1351-1357.
181. **Li, L.; Zhang, X. Y.; Wang, Z. W. and Li, G. Z.** *Structure–Biodegradation Relationship Study of Commercial Linear Alkylbenzene Sulphonates*. Internet Electronic Journal of Molecular Design, Vol 2, N^o. 6, 2003, 383 – 391.
182. **Liwarska-Bizukojc E, et al**. 2005. Acute toxicity of five selected anionic and nonionic surfactants. Chemosphere. Vo 58, pp: 1249-1253.
183. **Lundberg, D. & Holmberg. K**. *NMR Studies on hydrolysis kinetics and micellar growth in solutions of surface-active betaine esters*. J Surfactants Deterg. N^o. 7, 2004, 239 – 246.

184. **Madsen, T.; Petersen, G.; Seiero, C. & Torslov, J.** *Biodegradability and aquatic toxicity of glycoside surfactants and a nonionic alcohol ethoxylate*. J. Am. Oil Chem. Soc. Vol. 73, 1996, 929 - 933.
185. **Mampel, J.; Hitzler, T.; Ritter, A. & Cook, A.M**. *Desulphonation of biotransformation products from commercial linear alkylbenzenesulphonates (LASs).* Environ. Toxicol. Chem. Vol. 17, 1998, 1960 - 1963.
186. **Mann, R. M. & Boddy, M. R**. *Biodegradation of nonylphenol ethoxylate by the autochthonous microflora in lake water, with observations on the influence of light.* Chemosphere, N°. 41, 2000, 115-123.
187. **Marchesi, J. R.; Owen, S. A.; White, G. F.; House, W. A. & Russell, N. J**.. *SDSs-degrading bacteria attach to riverine sediment in response to the surfactant or its primary biodegradation product dodecan-1-ol*. Society for General Microbiology,Vol. 140, 1994, 2999-3006.
188. **Marcomini, A. & Giger, W**. *Simultaneous determination of linear alkyl benzene sulfonates, alkylphenol polyethoxylate and nonylphenol by high- performance chromatography*. Anal. Chem, Vol. 59, 1987, 1709 – 1715.
189. **Martin, S.; Marquez, M. C.; Sanchez-Porro, C.; Mellado, E.; Arahal, D. R. and Ventosa, A.** *Marinobacter lipolyticus sp. a novel moderate halophile with lipolytic activity.* J. Syst. Evol. Microbiol. Vol. 53, 2003, 1383 - 1387.
190. **Matthew, J. S. & Malcolm, N. J.** *The biodegradation of surfactants in the environment.* Biochim. Biophys. Acta. Vol. 1508, 2000, 235–251.
191. **Matthijs, E. & De Hanau, H.** *Determination of LAS*. Tenside Surf. Det, N°. 24, 1987, 193 – 199.
192. **Matthijs, E. & Hennes, E. C.** *Determination of surfactants in environmental samples***.** Tenside Surf. Det, N°. 28, 1991, 22- 27.
193. **Mauffret, A.; Temara, A. and Blasco, J**. *Exposure of the marine deposit feeder to sediment spiked with LASs congeners.* Water Research. Vol. 44, 2010, 2831-2840.
194. **McGhee. T. J.** *Water supply and sewerage ,Sixth Edition* .McGraw- Hill, Inc. USA. 1991. 628.
195. **Mehrvar, M.; Tabrizi, G.B. & Abdel-Jabbar, N.** *Effects of pilot-plant photochemical pre-treatment (UV/H2O2) on the biodegradability of aqueous linear alkylbenzene sulphonate (LASs)*. International Journal of Photoenergy. Vol. 7. 2005, 169-174.
196. **Merrettig-Bruns, U. & Jelen, E**. *Anaerobic Biodegradation of Detergent Surfactants.* Materials, N°. 2, 2009, 181-206
197. **Michizoe, J.; Uchimura, Y.; Ichinse, H.; Maruyama, T.; Kamiya, N.; Wariishi, H.; Furusaki, S. & Goto, M**. *Activation of manganese peroxidase in an organic medium using a mediator*. Biochem. Eng. J. N°. 19. 2004, 43–46.
198. **Michizoe, J.; Ichinse, H.; Kamiya, N.; Maruyama, T. & Goto, M** .*Biodegradation of phenolic environmental pollutants by a surfactant–laccase complex in organic media.* Journal of Bioscience and Bioengineering. Vol. 99, 2005, 642-647.
199. **Milanese, M.; Chelossi, E.; Manconi, R.; Sara, A.; Sidri, M. and Pronzato, R**. *The marine sponge Chondrilla nucula Schmidt, 1862 as an elective candidate for bioremediation in integrated aquaculture*. Biomol. Eng. N°. 20, 2003, 363 – 368.
200. **Mileva, E. & Exerowa, D**. *Amphiphilic nanostructures in foam films*. Current Opinion in Colloid & Interface Science. Vol. 13, 2008, 120-127.
201. **Mller**, **L.E. et al**.2001. *Environmental and Health Assessment of Substances in Household Detergents and Cosmetic Detergent Products*. Environmental Project, p 615.
202. **Monsanto Report BT-65-3.** *Available online.* (http://www.monsanto.com).
203. **Monsanto Report BT-65-4**. *Available online.* (http://www.monsanto.com).
204. **Monsanto Report BD-84-315**. *Available online.* (http://www.monsanto.com).
205. **Monsanto Report ML-80-58**. *Available online.* (http://www.monsanto.com).

206. **Monsanto Report ML-80-71**. *One month toxicity of Alkylate 215 Vapour/Aerosol to Male and Female Sprague-Dawley Rats by Inhalation Expousure. Available online.* (http://www.monsanto.com). 1982.
207. **Monsanto Report ML-82-1.** *Three month toxicity of Alkylate 215 Vapour/Aerosol to Male and Female Sprague-Dawley Rats by Inhalation Expousure. Available online.* (http://www.monsanto.com). 1986.
208. **Monsanto Report SH-81-1.** *Evaluation of Potential Hazards by Dermal Contact of C_{10}-C_{12}, alkylbenzene*. 1981. *Available online.* (http://www.monsanto.com)
209. **Mori, M.; Kawakubo, N. and Wakabayashi, M.** *Cytotoxicity, of surfactants to the fhm-sp cell line*. Fisheries Science. Vol. 68, N°. 5, 2002, 1124-1128.
210. **Moses, V. and Cape, R. E**. *Biotechnology: The science and the business*. Harwood Academic Publishers. 1991. 596.
211. **Mullick, M. A.** *Watewater Treatment Processes in the Middle East*. The Book Guild Ltd, Sussex, England, 1987, 328.
212. **Mulligan.C. N.; Young, R. N. & Gibbs, B. F**. *Surfactant-enhanced remediation of contaminated soil: a review*. Engineering Geology. N°. 60. 2001(a), 371- 380.
213. **Mulligan.C. N.; Yong, R. N. Gibbs, B. F**. *Heavy metal removal from sediments by biosurfactants*. J. Hazard. Mater. N°. 85, 2001(b), 111–125.
214. **Mulligan.C. N.; Yong, R. N. Gibbs, B. F**. *An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments*. J. Hazard. Mater. N°. 85, 2001(c), 145–163.
215. **Myers.D.** *Surfactant Science and Technology Third Edition*. 2005, 400.
216. **Nakamura, K. & Morikawa, Y**. *Seperation of surfactant mixtures and their homologs by high- performance chromatography*. J. Am. Oil.Chem. Soc. N°. 59, 1982, 64 - 68.
217. **Nelson. R**. *Dispersing Powders in Liquids, part 3*. Educ. Reso. For Part. Techno. N°. 32. 2003, 4-16.
218. **Nielsen, A. M.; Britton, L. N.; Becall, C. E.; McCormick, T. P. & Russell, G. L.**. *Biodegradation of co-products of commercial linear alkylbenzene sulphonate*. Environmental Science & Technology. Vol. 31, N°. 12, 1997, 3397 - 3404.
219. **Nomura,Y.; Ikebukuro, K.; Yokoyama, K.; Takeucki, T.; Arikawa, Y.; Ohno, Sh. & Karube, I**. *Application of a linear alkylbenzene sulphonate biosensor to river water monitoring*. Biosensors & Bioelectronics . Vol. 13, 1998, 1047–1053.
220. **Nowak, O.; Kuehn, K. V. & Zessner, M.** *Sludge management of small water and wastewater treatment plants*. Water Science and Technology. Vol. 48, N°. 11, 2004, 33 -41.
221. **Nuck, B.A. & Federle,T.W**.. *Batch test for assessing the mineralization of ^{14}C-radiolabeled compounds under realistic anaerobic conditions*. Environ. Sci. Technol. Vol. 30, 1996, 3597 - 3603.
222. **Odom, J. M**. *Industrial and environmental activities of sulphate-reducing bacteria. In:Odom JM, Rivers Singleton, Jr. (eds) The sulphate-reducing bacteria: contemporary perspectives.* Springer-Verlag, New York, 1993, 189 - 210.
223. **Ogbulie, T. E.; Ogbulie, J. N. and Umezuruike, I.** *Biodegradation of detergents by aquatic bacterial flora from Otamiri River, Nigeria***.** African Journal of iotechnology. Vol. 7, N°. 6, 2008, 824 - 830.
224. Organsation for Economic co-Operation and Development **OECD SIDS**, OECD, *Harmonised integrated classification system for human health and environmental hazards of chemical substances and mixtures*. OECD Series on Testing and Assessment, UNEP PUBLICATIONS.2001, 247. http://www.oecd.org.
225. **OECD SIDS**. *Benzene, C10-C16 alkyl derivatives (123-01-3, 6742-54-7, 68648-87-3,129813-58-7, 68442-69-3, 129813-59-8, 12813-60-1).*UNEP PUBLICATIONS. 2002, 79. http://www.oecd.org.
226. **OECD SIDS**. *OECD, 202 Daphnia sp, Acute Immobilisation Test OECD Guidelines for Testing of Chemicals. Paris*. 2004, 206. http://www.oecd.org.

227. **Oya, M. and Hisano, N**. *Decreases in Surface Activities and Aquatic Toxicities of Linear Alkylbenzene Sulphonate and Alcohol Ethoxylates during Biodegradation*. Journal of Oleo Science. Vol. 59, N°. 1, 2010, 31- 39.
228. **Painter, H. A**. *Anionic surfactants. Detergents.* The Handbook of Environmental Chemistry, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. Vol. 3. Part F. 1992, 1- 88.
229. **Pant, P. & Pant, S**. *A review: Advances in microbial remediation of trichloroethylene (TCE).* Journal of Environmental Sciences. Vol. 22, 2010, 116-126.
230. **Paria, S.** *Surfactant-enhanced emediation of organic contaminated soil and water.* Advances in Colloid and Interface Science, Vol. 138, 2008, 24-58.
231. **Paschoal, F. M. M.; Anderson, M. A. & Zanoni, M. V.** *Photoeletrocatalytic oxidation of anionic surfactant used in leather industry on nanoporous Ti/TiO_2 eletrodes*. J. Braz. Chem. Soc. Vol. 19, N°. 4, 2008, 803-810.
232. **Pedras, M. S. C.; Ismail, N.; Quail, J. W. & Boyetchko, S. M.** *Structure, chemistry, and biological activity of pseudophomins A and B, new cyclic lipodepsipeptides isolated from the biocontrol bacterium Pseudomonas fluorescens*. Phytochemistry .Vol. 62, 2003, 1105–1114**.**
233. **Petrovic, M. & Barcelo, D**. *Fate and removal of surfactants and related compounds in wastewater and sludges.* The Hand book of Environmental Chemistry, Vol. 5, 2004, 1–28.
234. **Pfafflin, J. R & Ziegler, E. N**. *Encyclopedia of environmental science and engineering.* CRC Press. Vol. 1, 2006, 1383.
235. **Pignatello, J. J.** *Dark and photoassisted Fe^{III}-catalyzed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide*. Environ. Sci. Technol. Vol. 26**,** 1992, 944–951.
236. **Pogorevc, M.; Strauss, U. T.; Riermeier,T. & Faber, K.** *Selectivity-enhancement in enantioselective hydrolysis of sec-alkyl sulphates by an alkylsulphatase from Rhodococcus ruber DSM 44541*. Tetrahedron: Asymmetry, Vol. 13, 2002, 1443-1447.
237. **Pogorevc, M. & Faber, K**. *Purification and characterization of an inverting stereo- and enantioselective sec-alkylsulphatase from the Gram-positive bacterium Rhodococcus ruber DSM 44541*. Appl. Environ. Microbiol.Vol. 69**,** 2003, 2810-2815.
238. **Pozo, C.; Rodelas, B.; Calvo, C.; Martínez Toledo, M. V. and Gonzalez-Lopez, S.** *Linear alkylbenzene sulfonates (LAS) and soil microbial activity*. Food, Agriculture & Environment.Vol. 1, N°. 2, 2003, 348-350.
239. **Rabus, R.; Fukui, M.; Wilkes, H. & Widdel, F.** *Degradative capacities and 16S rRNA-targeted whole-cell hybridization of sulphate-reducing bacteria in an anaerobic enrichment culture utilizing alkylbenzenes from crude oil*. Appllied and Environmental Microbiology. Vol. 62, 1996, 3605-3613.
240. **Rapaport, R. A. & Eckhoff. W. S**. *Monitoring Linear Alkyl Benzene in the Environment: 1973-1986.* Environ. Toxicol. Chem. Vol. 9, 1990, 1245-1257.
241. **Reetz, M**. *Lipases as practical biocatalysts*. Curr. Opin. Chem. Biol. N°. 6, 2002, 145 – 150.
242. **Reichenbecher, M & Colin Murrell. J**. *Purification and partial characterization of the hydroxyLASse component of the methanesulphonic acid mono-oxygenase from Methylosulphonomonas methylovora strain M2*. Eur. J. Biochem. Vol. 267, 2000, 4763 - 4769.
243. **Richter. M.; Willey, G. M.; Submuth, R.; Jung, G. and Fiedler, H. P**. *Streptofactin, a novel biosurfactant with aerial mycelium inducing activity from Streptomyces tendae Tu 901/8c*. FEMS. Microbiol. Lett. N°. 163, 1998, 165–171.
244. **Riley, M.; Abe, T.; Arnaud, M. B.; Berlyn, M. K. B.; Blattner, F. R.; Chaudhuri, R. R.; Horiuchi, T.; Kosuge, T.; Mori, H.; Perna, N. T.; Plunkett, G.; Rudd, K. E.; Serres, M. H.; Thomas, G. H.; Wishart, D. & Wanner, B.L.** *Escherichia coli K-12: a cooperatively developed annotation*. Nucleic Acids Res. N°. 34, 2006, 1-9.
245. **Rinzema. A. & Lettinga. G.** *The effect of sulphide on the anaerobic degradation of propionate.* Environ. Technol. Lett. N°. 9, 1988, 83 – 88.

246. **Roberts, M. H.; Warinner, J. E.; Tsai, C.F.; Wreight, D. and Cronin, L. E.** *Comparison of estuarine species sensitivity to three toxicants*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 11, 1982, 681 - 692.
247. **Robinson, E. C. & Nair, R. S.** *The genotoxic potential of linear alkylbenzene mixtures in a short-term test battery.* Fund. Appl. Toxicol. N^{o}. 18, 1992, 540 - 548.
248. **Rodier, J.** *L,analyse de l,eau.* Dunod, Paris, France. 1978, 1136.
249. **Rodriguez**, **M.; Ben Abderrazik, N.; Contreras, S.; Chamarro, E.; Gimenez, J. and Esplugas, S**. *Iron (III) photooxidation of organic compounds in aqueous solutions.* Appl. Cat. B-Environ. N^{o}. 37, 2002, 131 - 137.
250. **Rodriguez, M**. *Fenton and UV-vis based advanced oxidation processes in wastewater treatment: Degradation, mineralization and biodegradability enhancement*. Barcelona University. Spin. 2003, 322.
251. **Roig, M.; Pedraz, M. A.; Sanchez, J. M.; Huska, J. & Toth, D**. *Sorption isothermsand kinetics in the primary biodegradation of anionic surfactants byimmobilized bacteria: II. Comamonas terrigena N3H*. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, N^{o}. 4, 1998, 271–81.
252. **Roongsawang N.; Thaniyavarn, J.; Thaniyavarn, S.; Kameyama, T.; Haruki, M.; Imanaka, T.; Morikawa, M. & Kanaya, S.** *Isolation and characterization of a halotolerant Bacillus subtilis BKK-1 which produces three kinds of lipopeptides: bacillomycin L, plipastatin, and surfactin*. Extremophiles. N^{o}. 6, 2002, 499 – 506.
253. **Roth, G.; Oellermann, R. A. and Odhav, B.** *Bacteria in the aerobic biodegradation of wool scouring effluent*. Water.Vol. 15, No. 4, 1989, 209 - 215.
254. **Rump, H. H & Krist, H**. *Laboratory Manual for the Examination of Water, Waste Water and Soil, 2^{ed}*. VCH Weinheim, Germany. 1992, 189.
255. **Ruppert. G. & Bauer, R.** *Mineralization of cyclic organic water contaminants by the photo-Fenton reaction: influence of structure and substituents*. Chemosphere . Vol. 27, 1993, 1339–1347.
256. **Salanitro, J. P & Diaz, L. A**. *Anaerobic biodegradability testing of surfactants*. Chemosphere, Vol. 30, 1995, 813 - 830.
257. **Sales, D.; Perales, J. A.; Manzano, M.A. and Quiroga, J. M**. *Anionic surfactant biodegradation in seawater*. Bio.Inst.Esp.Oceanogr. Vol. 15, N^{o}.4. 1999, 517 - 522.
258. **Samir, K. K. & Huang. J. C.** *ORP-based oxygenation for sulphide control in anaerobic treatment of high-sulphate wastewater*. Water Res. Vol. 37 , 2003, 2053 – 2062.
259. **Sancho Valls, J.; Baldris Nacente, R. & Sanchez Coll, M.** *Handbook of Microbiological Media*. Scharlau Chemie. Bercelona, Spain. 1999, 457.
260. **Sanderson, H.; Dyer, S. D.; Price, B. B.; Nielsen, A. M.; Van Compernolle, R.; Selby, M.; Stanton, K.; Evans, A.; Ciarlo, M. & Sedlak, R**. *Occurrence and weight-of-evidence risk assessment of alkyl sulphates, alkyl ethoxysulphates, and linear alkylbenzene sulphonates (LASs) in river water and sediments*. Sci. Total Environ. Vol. 368, 2006, 695 –712.
261. **San Miguel, V.; Peinado, C.; Catalina, F. & Abrusci, C**. *Bioremediation of naphthalene in water by Sphingomonas paucimobilis using new biodegradable surfactants based on poly (3-caprolactone).*International Biodeterioration & Biodegradation. N^{o}. 63, 2009, 217 – 223.
262. **Santa Anna. L. M.; Sebastian, G. V.; Menezes, E. P.; Alves, T. L.; Santos. A. S.; Pereira, N. & Freire, D. M. G**. *Production of Biosurfactants from Pseudomonas aeruginosa PA1 isolated in oil environments*. Brazilian Journal of Chemical Engineering. Vol. 19, N^{o}. 2. 2002, 159 - 166.
263. **Sartoros, C.; Yerushalmi, L.; Beron, P. & Guiot, S. R.** *Effects of surfactant and temperature on biotransformation kinetics of anthracene and pyrene*. Chemosphere. Vol. 61, 2005, 1042 – 1050.
264. **Schleheck, D.** *Biodegradation of synthetic surfactants: linear alkyl benzene sulphonates (LASs) and related compounds.* University of Konstanz, Germany. PhD Degree, 2003(a), 181.

265. **Schleheck, D.; Lechner, M.; Schonenberger, R.; Suter, M. J. F. & Cook, A. M.**. *Desulphonation and Degradation of the Disulpho diphenyl ethercarboxylates from Linear Alkyldiphenyletherdisulphonate Surfactants*. Applied and Environmental Microbiology, Vol. 69, N^{o}. 2, 2003, 938 - 944.
266. **Schleheck, D.; Knepper, T. P.; Eichhorn P. & Cook A. M.** *Parvibaculum lavamentivorans DS-1T Degrades Centrally Substituted Congeners of Commercial Linear Alkylbenzenesulphonate to Sulphophenyl Carboxylates and Sulphophenyl Dicarboxylates*. Appl. Environ. Microbiol. Vol. 73, 2007, 4725 - 4732.
267. **Schleheck, D.; von Netzer, F.; Fleischman, T.; Rentsch, D.; Huhn, T.; Cook, A. M. and Kohler, H. P. E.** *The missing link in LAS surfactant degradation: 4-sulfoacetophenone as a transient intermediate in the degradation of 3-(4-sulfophenyl)butyrate by Comamonas testosteroni KF-1. Appl. Environ. Microbiol*. N^{o}. 76, 2010, 196 - 202.
268. **Schoberl, P. M**. *Basic Principles of LASS Biodegradation*, Tenside, Surfactants, Deterg. Vol. 26, N^{o}. 2, 1989, 86 – 94.
269. **Schoberl, P. M.; Klotz, H. K.; Spilker, R. and Nitschke, L.** *Alkyl benzen sulphonat-(LASs) Monitoring*. Tenside Surf. Det. Vol. 31, N^{o}. 4, 1994, 243 - 252.
270. **Schoberl, P. M.** *Liner Alkyl benzene sulphonate monitoring in Germany*. Tenside, Surfactants, Deterg. N^{o}. 34, 1997, 233 - 237.
271. **Schroder, H. Fr.; Jose, H. J.; Gebhardt, W.; Moreira, R. F. P. M. and Pinnekamp, J.** *Biological wastewater treatment followed by physicochemical treatment for the removal of fluorinated surfactants*. Water Science & Technology. Vol. 61, N^{o}. 12, 2010, 3208 – 3215.
272. **Schuler, W**. *Basic formula to make liquid detergents*. Second Committee of Detergents. Damascus, Syria. 2003, 35 - 50.
273. **Scott, M. J. & Jones, M. N**. *The biodegradation of surfactants in the environment*. Biochimica Et Biophysica Acta-Biomembranes .Vol. 1508, N^{o}. (1-2), 2000, 235 - 251.
274. **Sekowska, A . Kung, H. F. & Danchin, A**. *Sulpher metabolism in Escherichia coli and related bacteria: Facts and Fiction*. J. Mol.Microbiol.Biotechnol.Vol. 2, N^{o}. 2, 2000, 145 -177.
275. **Seo, Y.; Lee, W. H.; Sorial, G. & Bishop, P. L.** *The application of a mulch biofilm barrier for surfactant enhanced polycyclic aromatic hydrocarbon bioremediation*. Environmental Pollution. N^{o}. 157, 2009, 95 – 101.
276. **Shreve . G. S.; Inguva, S. & Gunnam, S.** *Rhamnolipid biosurfactant enhancement of hexadecane biodegradation by Pseudomonas aeruginosa*. Mol. Mar. Biol. Biotechnology. Vol. 4, N^{o}. 4, 1995, 331 - 337.
277. **Shukor, M. Y.; Husin, W.S.W.; Rahman, M.F.A.; Shamaan, N.A. and Syed, M.A.** *Isolation and characterization of an SDS-degrading Klebsiella oxytoca*. J. Environ. Biol. Vol. 30, N^{o}. 1, 2009, 129-134.
278. **Sibila, M. A.; Garrido, M. C.; Perales, J. A. & Quiroga, J, M.** *Ecotoxicity and biodegradability of an alkyl ethoxysulphate surfactant in coastal waters*. Science of The Total Environment. Vol. 394, 2008, 265 - 274.
279. **Siemering, G**. *Aquatic Pesticide Monitoring Program Phase 2: Monitoring Project Report Final Version*. San Francisco Estuary Institute. Oakland, USA. 2004, 87.
280. **Sigollot, J. C & Nguyen, M. H**. *Complete Oxidation of liner alkyl benzene sulphonate by bacterial communities selected from Coastal sea water*. Appl. Environ. Microbiol. Vol. 58, 1992, 1308-1312.
281. **Singh, A.; Van Hamme, J. D. & Ward, O. P.** *Surfactants in microbiology and biotechnology: Part 2. Application aspects*. Biotechnology Advances. Vol. 25, 2007, 99 – 121.
282. **Siscart, N**. *Using LEVENOL in liquid detergents*. Second Committee of Detergents. Damascus, Syria. 2003, 21 - 34.
283. **Smith, J. E.** *Biotechnology*, *3rd edition*. Cambridge University Press, U.K, 1996, 236.
284. **Smith, N. J.** *Levels of the herbicide glyphosate in well water*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 57, 1996, 759- 756.

285. **Song, B. & Ward. B.** *Nitrite reductase genes in halobenzoate degrading denitrifying bacteria.* FEMS Microbiol. Ecol. 43, 2003**,** 349 - 357.
286. Stanford Research Institute **SRI**, *Chemical Economics Handbook*, 1995, 610.
287. **Steber, J. & Berger. H.** *Biodegradability of anionic surfactants*. Biodegradability of Surfactants. 1995, 134 - 182.
288. **Steber, J.; Guhl, W.; Stelter, N. and Schoder, R.** *Alkyl polyglycocides – ecological evaluation of a new generation of nonionic surfactants*. Tenside Surfactants Detergents,Vol 32, 1995, 515 - 521.
289. **Steinbrecher, R.**. *What is Genetic Engineering*?. Green Social Thought. Vol. 18, 1999, 9-12.
290. **Stjerndahl, M. & Holmberg, K**. *Synthesis and chemical hydrolysis of surface active esters*. J Surfactants Deterg. Vol. 6, 2003, 308 – 311**.**
291. **Stjerndahl, M.; van Ginkel, G. G. & Holmberg, K.** *Hydrolysis and biodegradation studies of surface active esters.* J Surfactants Deterg. Vol. 6, 2003, 319 – 324.
292. **Stjerndahl, M. & Holmberg, K**. *Hydrolyzable nonionic surfactants: Stability and physicochemical properties of surfactants containing carbonate, ester, and amide bonds.* Journal of Colloid and Interface Science. Vol. 291, 2005, 570 – 576.
293. **Sun, X. X.; Han, K. N.; Choi, J. K. and Kim, E. K**. *Screening of surfactants for harmful algal blooms mitigation*. Marine Pollution Bulletin. Vol. 48,_2004, 937 - 945.
294. **Sutterlin, H.; Alexy, R.; Coker, A. & Kummerer, K.**. *Mixtures of quaternary ammonium compounds and anionic organic compounds in the aquatic environment: Elimination and biodegradability in the closed bottle test monitored by LC–MS/MS.* Chemosphere, Vol. 72, 2008, 479 - 484.
295. **Swisher, R. D.; Gledhill, W. E.; Kimerle, R. A. & Taulli, T. A.** *Carboxylated intermediates in the biodegradation of LAS Surfactant Congress*, Proc. Of the VIIth International Congress on Surface Active Substances, N^{o}. 4, 1978, 218 – 224.
296. **Swisher, R. D.**. *Surfactant biodegradation, 2nd ed.* Vol. 18. Marcel Dekker, Inc. New York, N.Y. 1987, 1083.
297. **Syn,C.K.; Teo, W. L. & Swarup, S.** *Three-Detergent Method for the Extraction of RNA from Several Bacteria.* BioTechniques,Vol. 27, 1999, 1140 – 1145
298. **Szymanski, A.; Bubien, E.; Kurosz, T.; Wolniewicz, A. & Lukaszewski. Z**. *Biodegradation of Fatty Alcohol Ethoxylates under the Conditions of the Die-Away Test*. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 11, N^{o}. 4, 2002, 429 - 433.
299. **Tabor, C. F. & Barber, L. B**. Fate of linear alkyl benzene sulphonates in the Mississippi River. Environ. Sci. Technol. N^{o}. 30, 1996, 161-171.
300. **Tan. H. M**. *Biosurfactants and their roles in bioremediation*. Environmental Biotechnology. N^{o}. 2, 2000, 1-12.
301. **Tchobanoglous, G; Burton, S. F. & Stensel, H. D**. *Waste water treatmen.* McCraw-Hill ,U.S.A, 1996. 1848.
302. **Terzic, S.; Hrsak, D. and Ahel, M.** *Primary biodegradation kinetics of linear alkylbenzene sulphonates in estuarine waters*. Water Res. Vol. 26, 1992, 585 - 591.
303. **Terzic, S.; Matosic, M.; Ahel, M. & Mijatovic, I**. *Elimination of aromatic surfactants from municipal wastewaters: Comparison of conventional activated sludge treatment and membrane biological reactor*. Water Science and Technology. Vol. 51, 2005, 447 - 453.
304. **Thomas, O. R. T. & White, G. F**. *Immobilization of the surfactant-degrading bacterium Pseudomonas C12B in polyacrylamide gel. Part III: Biodegradation specificity for raw surfactants and industrial wastes*. Enzyme and Microbial Technology. N^{o}. 13, 1991, 338-343.
305. **Tolls, J.** *Bioconcentration of Surfactants*. Ph.D. Thesis. Utrecht University, Utrecht, The Nederlands, 1998, 208.

306. **Torres, L. G.; Rojas, N.; Bautista, G. & Iturbe, R**. *Effect of temperature, and surfactant's HLB and dose over the TPH-diesel biodegradation process in aged soils.* Process Biochem. Vol. 40, 2005, 3296 – 3302.
307. **Trevan, M. D.** *Immobilized enzymes.* John Wiley & Sons, Inc., Publication; USA. 1980. 249.
308. **Tsai, T. T.; Kao, C. M.; Hong, A.; Liang, S. H. & Chien, H. Y**. *Remediation of TCE-contaminated aquifer by an in situ three-stage treatment trainsystem.*Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering. Vol. 322, 2008, 130 - 137.
309. **Tsai, T. T.; Kao, C. M.; Yeh, T. Y.; Liang, S.H. & Chien, H.Y.** *Application of surfactant enhanced permanganate oxidation and biodegradation of trichloroethylene in groundwater.* Journal of Hazardous Materials, N°. 161, 2009, 111–119.
310. **Tunay, O**. *Developments in the application of chemical technologies to waste water treatment.* Water Science and Technology. Vol. 48, N°. 11, 2004, 43 - 52.
311. **Urum, K.; Pekdemir, T. & Gopur, M.** *Optimum conditions for washing of crude oil-contaminated soil with biosurfactant solutions.* Process Safety and Environm. Protect.: Transact. of the Institut. of Chem. Engin. N°. 81, 2003, 203 - 209.
312. **Utsunomiya, A.; Watanuki, T.; Matsushita, K. and Tomita, I**. *Toxic effects of linear alkyl benzene sulphonates, quaternary alkyl ammonium chloride and their complexes on Dunaliella sp and Chlorella pyrenoidosa.* Environ. Toxicol. Chem. Vol. 16, 1997, 1247 -1254.
313. **Valles, B**. *Toxicity values for cationic surfactants.* Tenside Surfactants Deterg. N°. 37, 2000, 290 - 295.
314. **Van der Ploeg, J. R.; Cummings, N. J.; Leisinger, T. & Connerton, I.F.** *Bacillus subtilis genes for the utilization of sulphur from aliphatic sulphonates.* Microbiology. Vol. 144, 1998, 2555 – 2561.
315. **Van der ploeg, J. R.; Eichhorn, E. & Leisinger, T.** *Sulphonate- sulphur metabolism and its regulation in Escherichia coli.* Arch Microbiol. Vol. 176, 2001, 1 - 8.
316. **Van Dyke. M. I.; Lee, H. & Trevors, J. T.** *Applications of microbial surfactants.* Biotechnology Advances. N°. 9. 1991, 241 - 252.
317. **Van Hamme, J. D.; Singh, A. & Ward, O. P.** *Physiological aspects Part 1 in a series of papers devoted to surfactants in microbiology and biotechnology.* Biotechnology Advances. Vol. 24, 2006, 604 – 620.
318. **Vasileva-Tonkova. E. & Galabova. D**. *Hydrolytic Enzymes and Surfactants of Bacterial Isolates from Lubricant- Contaminated Wastewater.* Z. Naturforsch. N°. 58, 2003, 87-92.
319. **Venhuis, S. H. & Mehrvar, M.** *Health effects, environmental impacts, and photochemical degradation of selected surfactants in water.* International Journal Of Photoenergy. Vol. 6, 2004, 115 - 125.
320. **Verge, C.; Moreno, A and Roque, S.** *Toxicity of anionic surfactants to green microalgae "Scenedesmus subspicatus" and "Selenastrum capricornutum".* Tenside Surfantants Detergents, N°. 33, 1996, pp: 166 - 169.
321. **Verge, C. & Moreno, A.** *Effects of anionic surfactants on Daphnia magna.* Tenside Surf. Det. N°. 37, 2000, 172 - 175.
322. **Verge. V.; Bravo, J.; Moreno, A. & Berna, J. L**. *Acute toxicity of linear alkylbenzene (LAB) to Daphnia magna.* Tenside Surf. Det. Vol. 6, N°. 2, 1999, 127 - 129.
323. **Visser, A.; Hulshoff, P. L. W. & Lettinga, G**. *Competition of methanogenic and sulphidogenic bacteria,* Water Sci. Technol. N°. 33, 1996, 99–110.
324. **Wang, S. & Mulligan, C. N**. *An evaluation of surfactant foam technology in remediation of contaminated soil.* Chemosphere, Vol. 57, 2004, 1079 – 1089.
325. **Werner, F. & Kimerle. R. A.** *Uptake and distribution of C12 alkyl benzene in bluegill (Lepomis macrochirus).* Environ. Toxicol. Chem. N°. 1, 1982, 143-146.
326. **Wickbold, R.** *Biodegradation of the Surfactant Linear Alkylbenzenesulphonate.* Tenside *Detergents*. N°. 12, 1975, 25–31.

327. **Wistreich, G. A.** *Microbiology Laboratory Fundamentals and Applications*. Prentice Hall.USA. 1997, 682.
328. **Witthuhn, B.; Pernyeszi, T.; Klauth, P.; Vereecken, H.; Klumpp, E.** *Sorption study of 2,4-dichlorophenol on organoclays constructed for soil bioremediation*. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. N°. 265. 2005, 81 – 87.
329. **Wouter, H. N & Dick, B. J.** *Rhamnolipid stimulates uptake of hydrophobic compounds by Pseudomonas aeruginosa*. Appl. and Environm. Microb. Vol. 68, 2002, 4502 - 4508.
330. **Yan, G. A.; Jiang, J. W.; Wu, G. & Yan, X.** *Disappearance of Linear Alkylbenzene Sulphonate from Different Cultures with Anabaena sp. HB 1017*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. N°. 60, 1998, 329 - 334.
331. **Yan, G. & Viraraghavan, T.** *Heavy-metal removal from aqueous solution by fungus Mucor rouxii*. Water Res.Vol. 37, N°. 18, 2003, 4486 – 4496.
332. **Yan, X.; Yang,Y.; Li, Y.; Sheng, G. & Yan, G .** *Accumulation and biodegradation of anthracene by Chlorella protothecoides under different trophic conditions*. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. N°. 13. 2002, 145-150.
333. **YU, Y.; ZHAO, J. & Bayly, A. E**. *Development of Surfactants and Builders in Detergent Formulations*. Chinese Journal of Chemical Engineering ,Vol. 16, 2008, 517 - 527.
334. **Zar, J. H.** *Biostatistical analysis***.** Prentice Hall. 1999. 663.
335. **Zhang, C.; Vasaraj, K. T.; Constsnt, W. D. & Roy, D**. *Aerobic biodegradation kinetics of four anionic and nonionic surfactants at sub- and supra-critical micelle concentrations (CMCs)*, Water Res.Vol. 33, N°. 1, 1999, 115 – 124.
336. **Zhang, G. L.; Wu, Y. T.; Qian, X. P. & Ming, Q**. *Biodegradation of crude oil by Pseudomonas aeruginosa in the presence of rhamnolipids.* J.Zhejiang Univ SCI. Vol. 8, 2005, 725-730.
337. **Zhang, P. F.; Avudzega, D. M. & Bowman, R. S.** *Removal of perchlorate from contaminated waters using surfactant-modified zeolite*. J. Environ. Qual.Vol. 36, 2007, 1069 – 1075.
338. **Zhang, Y.; Meng, K.; Wang, Y.; Luo, H.; Yang, P.; Shi, P.; Wu, N.; Fan, Y.; Li, J. & Yao, B**. *A novel proteolysis-resistant lipase from keratinolytic Streptomyces fradiae var. k11.* Enzyme and Microbial Technology. Vol. 42. 2008, 346 – 352.
339. **Zhao, B.; Zhu, L.; Li, W. & Chen, B**. *Solubilization and biodegradation of phenanthrene in mixed anionic–nonionic surfactant solutions*. Chemosphere*,* N°. 58, 2005, 33– 40.
340. **Zheng, Z. and Obbard, J. P.** *Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil using surfactant and the white rot fungus Phanerochaete chrysosporium*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. Vol. 75, N°. 12, 2000, 1183-1189.
341. **Zhou, C & Ma, H**. *Ultrasonic Degradation of Polysaccharide from a Red Algae (Porphyra yezoensis).* J. Agric. Food Chem.Vol. 54. N°. 6, 2006, 2223–2228.
342. **Zhou, J.; Wu, Y.; Henderson, F.; McCoy, D. M.; Salome, R. G.; McGowan, S. E. and Mallampalli, R. K**. *Adenoviral gene transfer of a mutant surfactant enzyme ameliorates pseudomonas-induced lung injury*. Gene Therapy. Vol. 13, 2006, 974–985.
343. **Zhou, Y.; Zhang, J.; Su, E.; Wei, G.; Ma, Y. & Wei, D.** *Phenanthrene biodegradation by an indigenous Pseudomonas sp. ZJF08 with TX100 as surfactant*. Annals of Microbiology, Vol. 58, N°. 3. 2008, 439- 442.
344. **Zhu, H. and Aitken, M. D**. *Surfactant-Enhanced Desorption and Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Contaminated Soil*. Environ. Sci. Technol. Vol. 44, No. 19, 2010, 7260 - 7265.
345. **Zhu, L. &Chiou, C.T**. *Water solubility enhancements of pyrene by single and mixed surfactant solutions.* J. Environ. Sci. Vol. 13, 2002, 491– 496.
346. **Zoller, U**. *Handbook of detergents*. CRC press. 2004, 1120.

Internet web sites:

http://www.lasinfo.org
http://www.euro.who.int/eprise/main/WHO/Progs/WSN/Home
http://www.U_S_ EPA-OPPT-Design for the Environment Industrial and Institutional Laundry Publications - Considerations for Partnership.htm
http://www.SIGMA-ALDRICH.com
http://www.heraproject.com/files/HERA.
http://www.unesco.org
http://www. Brazilian Chemical Society.com
www.elsevier.com/locate/ecoenv
http://www.erpt.org/Nelsc-00.htm
http://europa.eu.int/comm/enterprise/chemicals/detergents/index.htm
http://surfactants.net/huibers/Huibers
http://www.surfactants.net.
http://water.usgs.gov/wid/html/bioremed.htm
www.biochempress.com
E.coli\Search Obtaining Data Trace Archive v4_2 NCBI-NLM-NIH.mht.
http://www.oecd.org.
http://www.monsanto.com.

Abstract

Water pollution is one of the important problems in the world; many people try to found the best methods to treatment water, especially water resources pollution which came from waste water (Sewage, Industrial waste water, Agricultural waste water), many classical methods (physical, chemical, biological methods) used for that, and the new methods depend on biotechnology, for this point the importance of this research comes to decrease the pollution which comes from wastewater biotechnologically, reusing that water again, and preserving the biological variety in Syrian environment for sustainable development.

The conclusions are:

1. Lattakia wastewater has high contain of different organic compounds, especially detergents and surfactants.
2. Eight bacterial strains isolated from wastewater belongs to five species and four genus, take from sampling places (Afamia and South Sand), these species are *Salmonella enteritidis, Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus epidermidis1*, *Staphylococcus epidermidis2*, *E.coli1*, *E.coli 2*, *Pseudomonas sp*, *Pseudomonas aeruginosa*.
3. Nitrate was the best Nitrogen recourse, and *Pseudomonas.sp* is the best degrading bacteria surfactants to 85.5%.
4. Isolated bacteria degraded a Linear Alkyl Benzene Sulphonates LASs in tow cases of maximum and minimum Lattakia wastewater parameters, but best results was in minimum parameters with 89% by *Pseudomonas.sp* (min), and *Pseudomonas aeruginosa* (max).
5. Best results to degrade many concentrations of Sodium Dodecyl Sulphates SDSs was in low concentrations (100 – 200- 300 – 400) mg/l, more than 75% generally.
6. Best results to degrade many SDSs in different temperatures (15- 25- 35) °C was in 35°C.

7. 5 and 6 pH degrees was the best to degrade SDSs by bacterial strains and *E.coli* was the best with 71% in pH=6.
8. The best results to degrade LASs in different months were June.
9. Isolated bacteria (together) degrade SDSs with high percentage in 500 mg and more than in 1000 mg.
10. The best result to degrade surfactants in detergent powder was in Persil, reach to 90% after week.
11. All bacterial strains degrade LAS in broth artificial medium in tow cases (single, and together).
12. All isolated bacteria degraded C12-LASs in autoclaved natural medium by heat, and a best result was 92% by *Sal.tuphimurium* in 35°C.
13. In natural medium (without autoclave) from Afamia all isolated bacteria degraded C12-LASs, and best results were 91% by *Pseudomonas.sp* & *Sal. enteridis* in 25°C, but in South Sand was Sta. epidermidis2 (89%) in 35°C.
14. Surfactants degradation by isolated bacteria was more than degradation in Salamia wastewater treatment plant.
15. The manifest results shows different between the average of detergents quantity which reach to Lattakia environment monthly and the average of detergents quantity which exists in retreatment water from Salamia wastewater treatment plant, and this refer to the importance of wastewater treatment.

This study focus on the economical importance to treatment of wastewater, by decrease the negative environmental effects which come from wastewater polluted the environmental resources especially water, and it's very low cost compared with another available water resources.

SYRIAN ARAB REPUBLIC
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
TISHREEN UNIVERSITY- FACULTY OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ZOOLOGY



Biotechnological Application for Treatment of some Detergents Surfactants in Lattakia Waste Water for Sustainable Development

A Thesis Submitted for the degree of Doctor of Aqua Environment

By

LAMA SULEIMAN JARAA

(Master of Aqua Environment)

٢٠١٢

Supervision

Dr. IBTISAM MAAROUF **Dr. MOUFID YASSINE**

Arbitrator Committee:

Dr. Mohamed YACINE - KASSAB: professor in Zoology Department- Faculty of Science - Tishreen University. **Member**

Dr. Mohamed Mojahed BATTAL: professor in Zoology Department- Faculty of Science - Tishreen University. **Member**

Dr. Mohamed NASSER: professor in chemistry Department- Faculty of Science - Tishreen University. **Member**

Dr. Adnan ALI NIZAM: professor in Plant biology Department- Faculty of Science - Damascus University. **Member**

Dr. Moufid YASSINE: Associate professor in Food & Analytical Chemistry Department - Faculty of Pharmacy- Tishreen University. **Member & Supervisor**

Lattakia **3 / 02 /2011**